

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
GABRIELA OLIVEIRA DINIZ**

**USO DE RESÍDUO DA MINERAÇÃO DE FERRO COMO SUBSTRATO NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DA *Leucaena Leucocephala* (Lam.) de Wit.**

**SÃO JOÃO EVANGELISTA
2016**

GABRIELA OLIVEIRA DINIZ

**USO DE RESÍDUO DA MINERAÇÃO DE FERRO COMO SUBSTRATO NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DA *Leucaena Leucocephala* (Lam.) de Wit.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São
João Evangelista como requisito parcial para
obtenção do título de bacharelado em Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Rafael Carlos dos Santos

Co-orientador: Prof. Me. Bruno Oliveira Lafetá

SÃO JOÃO EVANGELISTA

2016

GABRIELA OLIVEIRA DINIZ

**USO DE RESÍDUO DA MINERAÇÃO DE FERRO COMO SUBSTRATO NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DA *Leucaena Leucocephala (Lam.) de Wit.***

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São
João Evangelista como requisito parcial para
obtenção do título de bacharelado em Agronomia

Aprovado em...../...../.....

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof. Dr. Rafael Carlos dos Santos
Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista

Prof.^a MSc. Ana Carolina Ferraro
Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista

Profa. Dra. Juliana Jerásio Bianche
Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter dado saúde e força para superar todas as dificuldades.

A minha querida mãe e a todos os meus familiares pelo apoio incondicional nesta conquista.

Ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, todo o corpo de docentes, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior.

Ao Professor Bruno Oliveira Lafetá pela orientação desde a iniciação científica, pela confiança, pela colaboração fundamental, e pelo exemplo profissional de pesquisador e professor.

Ao Professor Rafael Carlos dos Santos pela orientação nesse trabalho final para a conclusão do curso.

Aos meus amigos e colegas de sala nessa jornada que está finalizando.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

Muito obrigada.

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o uso de diferentes proporções do resíduo da mineração de ferro e tratamentos pré-germinativos para superar a dormência de sementes e produzir mudas da *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit. Adotou-se DIC com quatro repetições de 35 sementes, no esquema fatorial 5 x 2, sendo estudado o efeito de cinco concentrações rejeito/substrato de um resíduo da mineração de ferro como substrato, que foi misturado com o solo em betoneira (0; 0,25; 0,5; 0,75 e 1) e dois tratamentos pré-germinativos (A1 –Imersão das sementes em água deionizada à temperatura ambiente (27 °C) por 5 minutos e A2 – Imersão das sementes em água deionizada aquecida a 80,0 °C por 5 minutos). Todos os atributos avaliados, exceto a embebição das sementes em água, foram influenciados pelos tratamentos pré-germinativos em estudo. Conclui-se que o resíduo da mineração de ferro pode prejudicar a velocidade e homogeneidade da germinação de sementes de *L. leucocephala*. O tratamento A2 pode ser recomendado para superar a dormência tegumentar da espécie em estudo. A mistura do resíduo da mineração de ferro com o substrato pode ser recomendado para a produção de mudas da *L. leucocephala*.

Palavras-Chave: Germinação; Reutilização; Sustentabilidade.

ABSTRACT

The objective of the present project was to evaluate the use of different proportions of iron mining residue and pre-germinative treatments to overcome seed dormancy and to produce *Leucaena leucocephala* seedlings. DIC was used with four replicates of 35 seeds in the 5 x 2 factorial scheme, and the effect of five waste / substrate concentrations of one residue of the iron mining substrate was studied, which was mixed with soil in the concrete mixer (0; 0,25; – 0,5; 0,75 e 1) and two pre-germinative treatments (A1 - seed immersion in deionized water at room temperature (27 ° C) for 5 minutes and A2 – immersion of the seeds in deionized water heated to 80,0 °C for 5 minutes). All the evaluated attributes, except the imbibition of the seeds in water, were influenced by the pre-germinative treatments under study. It is concluded that the iron mining residue can affect the speed and homogeneity of *L. leucocephala* seed germination. Treatment A2 can be recommended to overcome the integumentary dormancy of the species under study. The mixture of the iron mining residue with the substrate can be recommended for the production of *L. leucocephala* seedlings.

Keywords: Germination; Reutilization; Sustainability.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA I – Germinação de sementes de leucena e volume das mudas em função de diferentes proporções de resíduo no substrato.....	20
FIGURA II – Representação gráfica dos atributos avaliados em mudas de Leucena após a contagem final no vigésimo quarto dia.....	21
FIGURA III – Desdobramento do índice de velocidade de germinação, dentro dos níveis de tratamento pré-germinativo em função da concentração de resíduo da mineração de ferro no substrato.....	22
FIGURA I – Apêndice - Mistura do solo em betoneira.....	27
FIGURA II – Apêndice - Triagem de sementes.....	27
FIGURA III – Apêndice - Rejeito da mineração.....	28
FIGURA IV – Apêndice - Distribuição dos tubetes em canteiro suspenso.....	28

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela I – Análises químicas do solo e do resíduo da mineração de ferro da empresa Marciel Mineração no Laboratório de Solos do IFMG/SJE.....	16
Tabela II – Resumo da análise de variância, com os dados transformados, dos atributos avaliados na produção de mudas de Leucena.....	18
Tabela III – Médias dos atributos avaliados na produção de mudas de Leucena.....	19

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 LEUCENA	13
2.2 REJEITO DE MINERAÇÃO.....	13
2.3 ÁREA DEGRADADA.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÕES.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
APÊNDICE	27

1. INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade industrial importante para o desenvolvimento econômico e responsável por parte da geração de empregos diretos acumulados em 2,2 milhões e representando cinco por cento do produto interno bruto na ocupação territorial no Brasil (BACCI et al., 2006; IBRAM, 2014). A produção mineral brasileira foi de US\$ 51 bilhões em 2012, sendo a exportação de minério de ferro de US\$ 31,0 bilhões (IBRAM, 2014).

A extração mineral vem enfrentando novas cobranças nacionais e internacionais visando proteger o meio ambiente, principalmente às exigências oriundas das normas ditadas pela International Organization for Standardization (ISO) (MOREIRA, 2004).

O extrativismo mineral é uma atividade antrópica que provoca intensa degradação dos meios bióticos. Diante desta exploração, faz-se necessária a adoção de práticas que reduzem impactos negativos oriundos da mineração. Minimizar essas perturbações é fundamental a fim de utilizar os recursos naturais de forma racional, adotando práticas simples em prol do desenvolvimento sustentável.

O material particulado suspenso no ar, na forma de poeira, é observado em todas as fases associadas à exploração de bens minerais, desde a abertura da cava, (retirada da vegetação, escavações e movimentação de terra), uso de explosivos no desmonte de rocha, transporte e até o beneficiamento de minério afetando os meios como água, solo e ar, além principalmente da população local (BACCI et al., 2006). Salienta-se que o uso de explosivos pode lançar fragmentos a maiores distâncias, comprometendo a qualidade do ar em determinadas zonas urbanas.

A leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) por sua vez, é uma leguminosa de porte arbóreo e mesmo que seja considerada pioneira, tem potencial para se estabelecer como espécie secundária (DECKER et al., 2011). Esta espécie tem habilidade de se desenvolver em áreas de solos ácidos e com restrições nutricionais, apresentando, portanto, características de rusticidade e alta sobrevivência em sítios perturbados. A sua utilização em programas de revegetação de áreas degradadas é indicada (CARDOSO et al, 2012).

As sementes de leucena apresentam dormência tegumentar (CARDOSO et al, 2012), sendo preconizado seu plantio por mudas (TELES et al., 2000). Mesmo que esse bloqueio físico seja considerado uma estratégia evolutiva que permite sementes germinarem em épocas adequadas para o seu estabelecimento, garantindo a perpetuação, pode dificultar a germinação

e a produção de mudas em viveiros florestais. A germinação da leucena é normalmente inferior a 50,0 % na ausência de tratamentos pré-germinativos, logo recomenda-se a superação da dormência de suas sementes (TELES et al., 2000; OLIVEIRA; MEDEIROS FILHO, 2007; OLIVEIRA, 2008).

O sucesso no estabelecimento e desenvolvimento de espécies florestais em campo inicia pela obtenção de mudas saudáveis e livres de fitopatógenos (ALBUQUERQUE et al., 2009), sendo necessário definir um substrato que propicie uma adequada capacidade de troca catiônica, porosidade, retenção de umidade e uniformidade (SCHMITZ et al., 2002). Deve-se ressaltar a possibilidade de utilizar resíduos gerados pela mineração como substrato, porém carecem estudos que estabeleçam uma combinação ótima desses resíduos com substratos tradicionais.

A destinação dos resíduos de mineração como substrato para a produção de mudas pode ser uma alternativa de baixo custo para mineradoras que atendem às premissas de sustentabilidade. Esse sistema pode ser adotado para auxiliar o planejamento e a execução de medidas mitigadoras e compensatórias.

Práticas que reaproveitem rejeitos da mineração como substrato para a produção de mudas podem fornecer subsídios importantes para a propagação de espécies florestais de interesse científico ou econômico. Assim este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de tratamentos pré-germinativos e diferentes proporções de resíduo de mineração no substrato sobre a germinação e produção de matéria seca de mudas de leucena.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nos tópicos a seguir será feita um breve desenvolvimento de tópicos relevantes ao trabalho, de modo a esclarecer, facilitar a compreensão e trazer alguns conceitos teóricos relevantes. Assim, serão abordados a espécie alvo do trabalho (leucena), enfocando aspectos morfológicos e de germinação e desenvolvimento; o rejeito da mineração, o qual constitui-se em um importante passivo ambiental da atividade mineradora; e por fim será feita uma explanação sobre as áreas degradadas pela atividade mineradora.

2.1 LEUCENA

A leucena (*Leucaena leucocephala* Wit.) é uma planta leguminosa exótica, historicamente tem sua origem no México, mas é encontrada em toda a região tropical, a espécie se mantém verde mesmo durante a estação seca do ano, e ocorre a perda dos folíolos somente em secas muito prolongadas ou com geadas fortes. A espécie apresenta raiz profunda, que se torna interessante do ponto de vista da estrutura do solo, próximas à superfície do solo. (OLIVEIRA, 2008).

No sistema de produção de mudas de Leucena torna-se necessária a quebra de dormência artificial, uma vez que essa espécie apresenta em sua casca, impermeabilidade do tegumento à água. (OLIVEIRA, 2008).

O processo natural de dormência apresenta benefícios e desvantagens. Para as plantas, o objetivo é passarem uma estação crítica de seca na condição de semente sem iniciar a germinação que a levaria a morte. E do ponto de vista antrópico, evitar que os embriões presentes na semente continuem a crescer e germinar acoplado a planta mãe. As desvantagens observadas são: germinação heterogênea, necessidade de períodos para armazenamento visando-se obter uma germinação homogênea, colabora para a longevidade das espécies daninhas, intervém com a programação de semeadura e ocasiona problemas no julgamento da qualidade de sementes (BORGHETTI & FERREIRA, 2004).

2.2 REJEITO DE MINERAÇÃO

Os resíduos da mineração de ferro são materiais não utilizados economicamente na extração da matéria prima, que pode ser utilizada para revegetação de área degradada como forma de substrato para sustentação de sementes e mudas. Esse material recebe uma designação particular chamados "estéreis da mina" sendo os materiais (solo, subsolo, rocha) que ocorrem naturalmente na área. (SILVA et al, 2006)

O rejeito oriundo da extração do minério retirado na região de Antônio Dias predomina-se o teor de ferro a 46% como material de origem a hematita, geralmente são de composição variável, desde rocha até solo. Deste modo, podem ser mais ou menos arenosos, apresentar maior ou menor quantidade de nutrientes, de acordo com sua genealogia e condição de intemperismo. (SILVA et al, 2006)

O rejeito e o estéril da mina no momento do descarte são comumente distribuídos em taludes, que de acordo com as leis ambientais deverão ser revegetadas totalmente, essa forma de deposição auxilia no equilíbrio e estabilidade dos taludes e beneficia a recomposição ambiental que deverá ocorrer no local. Como forma de melhorar o desenvolvimento de plântulas nesse ambiente, tem sido usada como cobertura superficial nessas pilhas o solo anteriormente presente na área, que apresenta maior quantidade de nutrientes e matéria orgânica (Dias & Griffith, 1998).

2.2 ÁREA DEGRADADA

Segundo Moreira, 2004, áreas degradadas são:

“Extensões naturais que perderam a capacidade de recuperação natural após sofrerem distúrbios. A degradação é um processo induzido pelo homem ou por acidente natural que diminui a atual e futura capacidade produtiva do ecossistema”.

A recuperação de áreas degradadas se tornou um desafio que precisa ser enfrentado em busca da melhoria do meio ambiente. Um dos desafios que se destaca nesse processo é a adoção de técnicas para revegetação eficazes e adequadas às peculiaridades do local a ser recuperado. (FERREIRA, 2007).

O uso intensivo de áreas tem gerado uma necessidade de informação pela sociedade, preocupadas com os problemas ambientais, tem buscado a criação de novas tecnologias e estratégias na recuperação e viabilidade de áreas degradadas, igualmente como dos ecossistemas que foram intensamente modificados pela atividade antrópica (VALCARCEL, 2000).

As principais tecnologias pesquisadas atualmente para que as áreas degradadas pela mineração, tenham capacidade de voltar a ser reabilitadas e produtivas, se baseia no desenvolvimento e estabelecimento de princípios de manejo do solo seguido da revegetação nativa local com objetivo inclusive, a propiciar o regresso da fauna, em destacando polinizadores e dispersores (MOREIRA, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação do Viveiro de Mudanças do IFMG/SJE com tela de sombreamento de monofilamento, malha para 50,0 % de sombra. Adotou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições, no esquema fatorial 5 x 2, sendo estudado o efeito da combinação de cinco proporções (v/v) do resíduo da mineração para composição do substrato e dois tratamentos pré-germinativos para quebra de dormência.

O substrato foi preparado misturando-se o rejeito com solo em betoneira nas proporções de 0,0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1 em v/v (Figura I - Apêndice). Os tratamentos pré-germinativos constituíram-se de A1 - imersão das sementes em água deionizada à temperatura ambiente (27 °C) por 5 minutos (Testemunha) e A2 - Imersão das sementes em água deionizada aquecida a 80,0 °C por 5 minutos em béquer de 1000 mL empregando Banho Maria). A unidade experimental foi constituída por tubetes contendo o substrato e uma semente em cada.

Foram utilizadas sementes de *Leucena* (*Leucaena leucocephala*) colhidas de árvores selecionadas em uma área da zona rural no município de Montes Claros – MG, no mês de abril de 2014. Este local insere-se na região norte mineira, que expressa peculiaridades ligadas à deficiência hídrica, verões quentes e secos e, precipitação anual baixa (em torno de 650 mm), caracterizando seu tipo climático como tropical semi-árido (Bsh), conforme Köppen (GUSMÃO et al., 2006).

A coleta das vagens foi manual e realizada diretamente na copa das plantas, restringindo-se àqueles que apresentavam coloração marrom-escura. Posteriormente, foram acondicionados em sacos de papel Kraft e conduzidos ao Laboratório de Sementes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista-MG (IFMG/SJE) para triagem. Esta foi realizada manualmente, separando as sementes dos frutos e eliminando-se o material que possua alguma atrofia ou injúria a fim de se obter uma melhor qualidade e pureza física dos lotes (CHAVES & USBERTI, 2003).

O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa a 105±3 °C por 24 horas, com quatro repetições de 25 unidades, conforme a Regra de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Após a triagem as sementes passaram por uma desinfestação com hipoclorito de sódio (NaClO), com 2,0 % de cloro ativo, a 5,0 % (v/v) durante três minutos, depois lavadas com água destilada e colocadas para secar durante dez minutos sobre papel toalha

(Figura 2 - Apêndice). Utilizou-se o NaClO pois se trata de um composto químico que apresenta ação contra proliferação fúngica e bacteriana, e conseqüentemente garante maior número de sementes germinadas (NASCIMENTO et al., 2007).

O solo utilizado na composição do substrato foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (SiBCS, 2013) sendo as características químicas apresentadas na Tabela I. O resíduo da mineração foi obtido na Fazenda da Liberdade (Figura III - Apêndice), localizada no município de Antônio Dias – MG, Zona de Extração do Quadrilátero Ferrífero, onde suas características químicas são apresentadas na Tabela I. Durante o preparo da mistura o substratos foi enriquecido na dose de 7 g.L⁻¹ adubo formulado NPK 15-9-12 de liberação controlada Osmocote®.

TABELA I - Análises químicas do solo e do resíduo da mineração de ferro realizadas no Laboratório de Solos do IFMG/SJE.

Tabela Amostra	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al
	H2O	---mg/dm ³ ---		-----cmoc/dm ³ -----			
Solo	3,98	1,30	30,00	0,60	0,10	1,35	9,00
Resíduo	6,14	11,90	90,00	0,40	0,10	0,00	1,41
Amostra	SB	(t)	(T)	V	m	MO	P-rem
	-----cmoc/dm ³ -----		-----%-----		dag/kg	mg/L	
Solo	0,78	2,13	9,78	8,00	63,38	1,44	11,90
Resíduo	0,73	0,73	2,14	34,10	0,00	0,00	41,60

pH e, água, KCl e CaCl₂ -Relação 1:2,5

P -K -Extrator Mehlich 1

Ca -Mg -Al -Extrator: KCl 1mol/L

SB -Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) -Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

CTC (T) -Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

V -Índice de Saturação de Bases

m -Índice de Saturação de Alumínio

Matéria Orgânica (MO) -Oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10 N

P-rem = Fósforo Remanescente

O substrato foi distribuído em tubetes plásticos rígidos de fundo aberto (capacidade de 120 cm³, seção circular e com 8 estrias internas salientes, longitudinais e equidistantes) no sistema de canteiro suspenso (Figura IV - Apêndice). A semeadura foi realizada sobre a superfície da mistura de substrato utilizando-se uma semente por tubetes.

As avaliações foram realizadas diariamente até a contagem final (vigésimo quarto dia), registrando número de sementes embebidas (E), germinadas (G) e partes aéreas emitidas (PA). As sementes que emitiram radícula superior a 1,0 cm de comprimento foram consideradas germinadas e aquelas não embebidas foram consideradas mortas ou

dormentes. Calculou-se o índice de velocidade de germinação (IVG) conforme Maguirre (1962), utilizando a fórmula abaixo.

$$IVG = \frac{N1}{D1} + \frac{N2}{D2} + \dots + \frac{Nn}{Dn}$$

Em que:

N1 = número de sementes germinadas na 1ª contagem;

D1 = número de dias para a 1ª contagem;

Nn = número de sementes germinadas na última contagem;

Dn = número de dias para a última contagem.

Para o cálculo do volume da parte aérea foi utilizada a fórmula do cone onde foi medida a área da base e a altura multiplicada por um terço.

Após o término da avaliação de germinação iniciou-se a determinação das características de desenvolvimento, onde foram tomados a altura (H) e o Diâmetro do Coleto (DC) de todas as mudas obtidas. Para a altura foi utilizada uma régua milimetrada, medindo-se da base do coleto até o ponto apical da planta. O diâmetro do coleto foi medido com um paquímetro digital de precisão 1/10 mm. As avaliações foram realizadas aos 12, 42, 71 e 103 dias.

Aos 384 dias, todas as mudas foram cubadas rigorosamente empregando a fórmula de Huber (CAMPOS & LEITE, 2009). Nos mesmos indivíduos determinou-se a massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) que foi obtida cortando-se as mudas rente ao substrato e acondicionando-as em sacos de papel Kraft. Para massa da matéria seca do sistema de radicular (MSR), procedeu-se a lavagem desta em água corrente e posteriormente acondicionada em sacos de papel devidamente etiquetados. Em seguida, o material de ambos foi seco a 65 °C até peso constante em estufa com circulação forçada de ar. Todos os dados expressos em porcentagem foram transformados utilizando $\arcsen \sqrt{\frac{x}{100}}$ e o IVG, MSPA, MSSR \sqrt{x} a fim de atender aos critérios de normalidade segundo teste de Lilliefors e homogeneidade por Cochran (BANZATTO & KRONKA, 2006; RIBEIRO JÚNIOR, 2012). Em seguida os dados foram submetidos a análise de variância, regressão linear simples e teste *t* pareado. Na regressão, foi utilizado o método dos mínimos quadrados ordinários (MQO). A análise estatística foi realizada com auxílio dos *softwares* Excel® e SISVAR (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água das sementes de *L. leucocephala* foi de 14,6 %. O efeito estatístico pelo teste F ($p \leq 0,05$) foi observado em nível de interação (concentrações de resíduo da mineração de ferro x tratamentos pré-germinativos) para o índice de velocidade de germinação (IVG), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) e massa seca do sistema radicular (MSR) apresentados na Tabela II. Verificaram-se diferenças significativas entre as proporções de resíduo para a germinação (G) e MSPA. Diferenças entre tratamentos pré-germinativos foram constatadas para a germinação. As concentrações de resíduo e os tratamentos pré-germinativos não influenciaram a embebição de sementes.

TABELA II - Resumo da análise de variância, com os dados os transformados, dos atributos avaliados na produção de mudas.

FV	QM			
	G.L.	E	G	IVG
Proporção de resíduo ©	4	36,0219ns	107,1865*	0,2298*
Tratamentos pré-germinativos (t)	1	19,4918ns	2440,4264*	1,4797*
c x t	4	33,5433ns	24,6681ns	0,1925*
Resíduo	29	27,6562	38,1192	0,0583
Cv exp (%)		19,25	21,78	24,88

FV	QM			
	G.L.	Volume	MSPA	MSSR
Proporção de resíduo ©	4	0,0178*	0,0387*	0,2422*
Tratamentos pré-germinativos (t)	1	0,0131 ns	0,1106*	0,8831*
c x t	1	0,0059ns	0,0236*	0,1800*
Resíduo	4	0,0049	0,0042	0,0281
Cv exp (%)	29	41,18	16,86	23,93

*($p \leq 0,05$). ns($p > 0,05$). CVexp = Coeficiente de variação experimental. E = embebidas. G = Germinação. PA = Emissão de parte aérea. IVG = Índice de velocidade de germinação. MSPA = Massa seca de parte aérea. MSSR = Massa seca do sistema radicular.

O tratamento pré-germinativo A2 que empregou a imersão das sementes em água deionizada aquecida a 80,0 °C por 5 minutos apresentou mais sementes germinadas e partes aéreas emitidas. Resultado semelhante também foi obtido quando avaliado o efeito do tratamento pré-germinativo dentro das proporções de resíduo no substrato, onde os maiores valores de IVG foram observados nas proporções de resíduo da mineração de ferro de 0,5 e 1 (Tabela III). Neste mesmo pré-tratamento foram observadas maior massa seca de parte aérea e sistema radicular individual nas proporções 0 e 1 de resíduo no substrato.

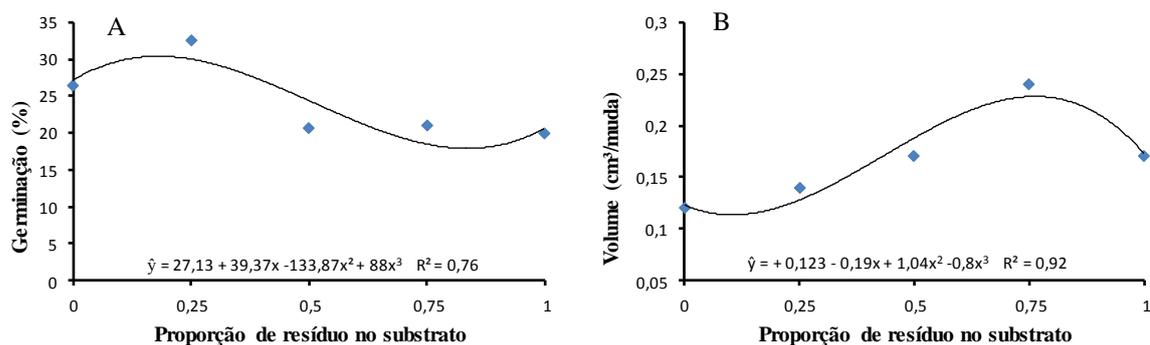
TABELA III - Médias dos atributos avaliados na produção de mudas.

Tratamentos pré-germinativos	G (%)	Proporção de resíduo da mineração de ferro				
		0	0,25	0,5	0,75	1
IVG						
A1	13,00 b	1,12 a	0,86 a	0,56 b	0,73 a	0,21 b
A2	36,00 a	2,16 a	0,94 a	1,86 b	0,85 a	1,56 a
MSPA						
A1		0,07 b	0,10 a	0,15 a	0,22 a	0,06 b
A2		0,14 a	0,14 a	0,14 b	0,29 a	0,29 a
MSSR						
A1		0,16 b	0,26 a	0,60 a	0,74 a	0,09 b
A2		0,42 a	0,63 a	0,47 a	1,27 a	1,13 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferenciam pelo teste de Tukey a 5,0 % de significância estatística. A1 = Testemunha: Imersão das sementes em água deionizada à temperatura ambiente (27 °C) por 5 minutos. A2 = Imersão das sementes em água deionizada aquecida a 80,0 °C por 5 minutos.

A resposta da germinação e do volume do caule ao aumento na proporção de resíduo no substrato foi melhor representada pelo modelo cúbico. Todavia, para a germinação (Figura IA) foi observado um pequeno incremento na proporção 0,18 e posterior redução com o aumento da proporção de resíduo no substrato. Já para o volume do caule observou-se aumento na resposta até próximo à proporção 0,76 com posterior redução com o aumento da proporção de resíduo no substrato (Figura IB).

FIGURA I – Germinação de sementes de leucena (A) e volume das mudas (B) em função de diferentes proporções de resíduo no substrato.



Para a característica germinação, é importante destacar que, apesar do pequeno incremento observado na proporção de 0,18 resíduo/substrato em relação a não aplicação do resíduo, as porcentagens de germinação podem ser consideradas baixas. Essa baixa porcentagem de germinação na eficiência do tratamento pré-germinativo A2 em água

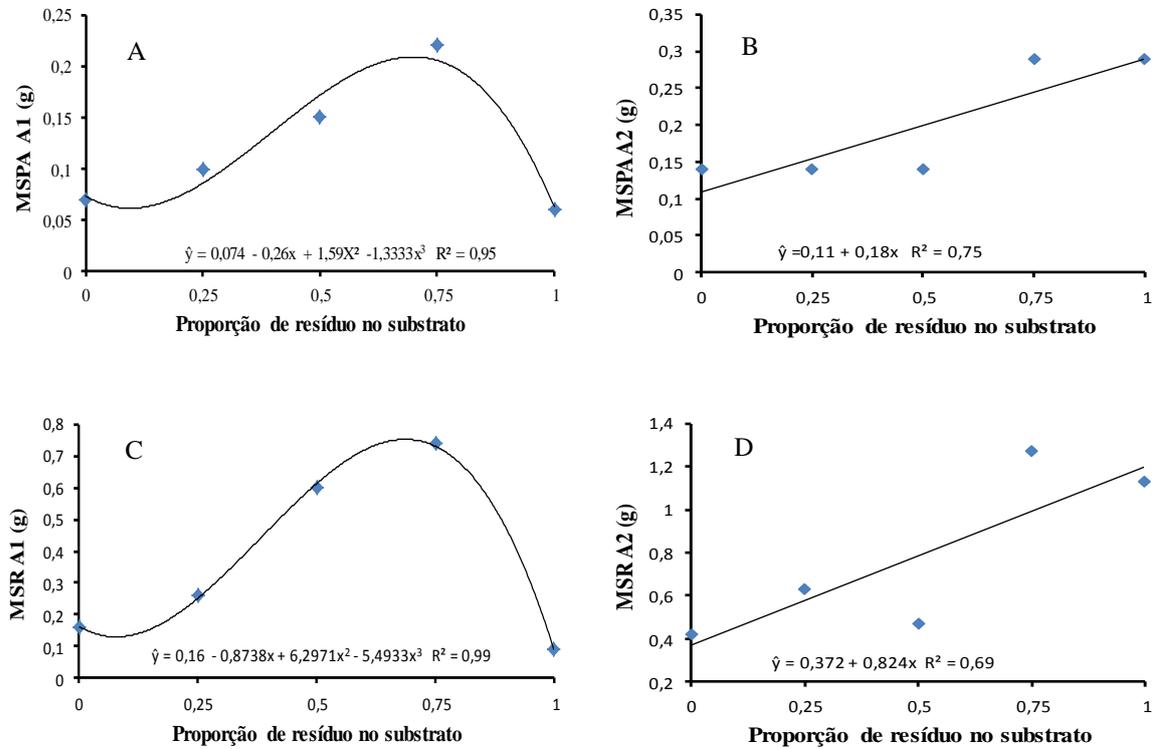
deionizada a 80°C por cinco minutos difere dos resultados encontrados por Oliveira (2008), que relata uma eficiência de 70 % do tratamento pré-germinativo de sementes desta espécie, essa diferença encontrada talvez possa ser explicada pela diferença de tempo nos dois trabalhos, uma vez que o autor sobrecitado deixou a semente em água a 80°C até seu total resfriamento.

Para a característica volume do caule não foram encontrados resultados semelhantes na literatura, entretanto, resultados obtidos por Oliveira (2013) para o volume do caule de mudas de *Eucalyptus urograndis* na mesma fase de desenvolvimento, apresentou desacordo com os resultados encontrados neste trabalho. Dessa forma, é possível observar que a utilização de resíduo altera os valores de volume, sendo que o maior valor encontrado neste trabalho está abaixo aos apresentados pelo autor supracitado. Entretanto, ressalve-se que os referidos resultados foram obtidos com uso de irrigação, o que pode justificar as diferenças constatadas.

O rejeito da mineração, apesar de ser muito arenoso, apresenta condutividade hidráulica relativamente baixa, provavelmente em razão da presença de muita areia fina (Tabela I). Isso é de interesse num processo de revegetação de áreas, pois pode significar a manutenção da umidade por um maior período de tempo (SILVA, 2006).

Para as características MSPA e MSR, o estudo do desdobramento das proporções de resíduo no substrato dentro do nível de tratamento pré-germinativo A1 (imersão em água à temperatura ambiente) também foi observada ajuste do modelo cúbico, tendo a máxima resposta sido observada próximo à proporção de 0,7 e 0,69 respectivamente de resíduo do minério no substrato (Figuras II A e II C). Esse resultado deve-se provavelmente ao efeito proporcionado pelo elevado valor de pH do resíduo (Tabela I), que também foi encontrado por Silva (2007), o que deve estar relacionado ao emprego de soda cáustica no método de isolamento do minério (BAIN & COMPANY, 2014).

FIGURA II – Desdobramento dos níveis de massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) (A e B), matéria seca do sistema radicular (MSSR) (C e D), dentro dos níveis de tratamento pré-germinativo em função da concentração de resíduo da mineração de ferro no substrato:



Ns = não significativo, * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste t, respectivamente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Teles (2000), no comprimento de raiz e porcentagem de matéria seca da parte aérea, recomendando para uma maior obtenção de estande o uso do processo de quebra de dormência em sementes de leucena.

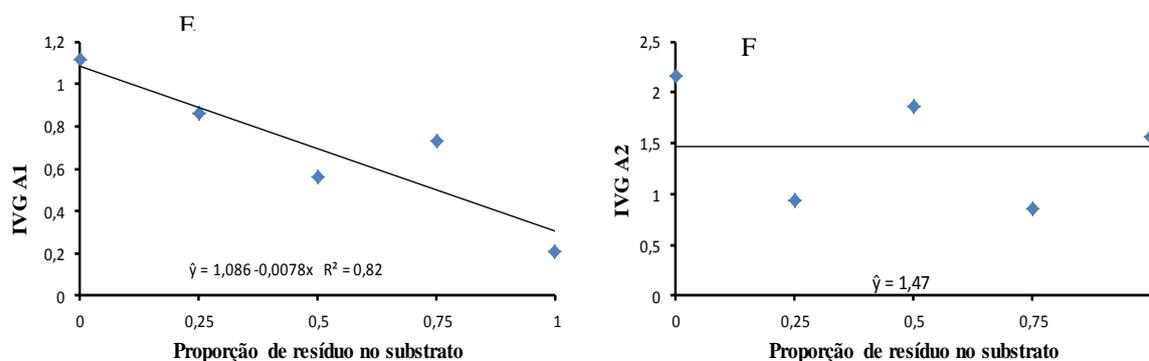
O tratamento pré-germinativo A2, mostrou ajuste do modelo linear crescente, indicando que a quebra de dormência tem um incremento com o uso de maiores proporções do resíduo no substrato. Guerrini & Trigueiro (2004), avaliando os atributos físicos e químicos de substratos com diferentes doses de bio sólidos observaram resultado semelhante com o aumento na dose de bio sólido nas misturas do substrato. De acordo com estes autores o efeito observado deve-se ao aumento na microporosidade, proporcionando maior capacidade em reter água.

Com relação ao índice de velocidade de germinação, o estudo do desdobramento das proporções de resíduo no substrato dentro do nível de tratamento pré-germinativo A1, mostrou melhor ajuste do modelo linear decrescente (Figura III E). Este resultado mostra que o IVG foi menor à medida que se concentrou o resíduo no substrato. Já o desdobramento desta característica dentro do nível pré-germinativo A2 não mostrou ajuste aos modelos testados

(Figura III F). O resultado observado na Figura I E já era esperado, pois concentrações fitotóxicas de íons metálicos podem ser encontrados em escórias de mineração (FRANCHI, 2004). Salienta-se que apesar da baixa porcentagem de germinação observada nos tratamentos que utilizaram o resíduo (Figura IA), estes valores ainda poderiam viabilizar seu uso em técnicas para a recuperação de áreas degradadas. Um exemplo é o seu uso como *top soil*. Mais estudos são necessários para melhor aproveitamento dos resíduos de mineração como substrato para a germinação e crescimento vegetal.

De acordo com a discussão apresentada por Oliveira (2008), o resultado observado para o desdobramento do IVG de leucena cv. Cunningham dentro dos níveis de A2 pode ser considerado como intermediário, o uso de ácido sulfúrico se diferenciou estatisticamente apresentando resultados superiores. Figliola et al. (1993), estudando sementes florestais tropicais explica que a capacidade de retenção de água e a quantidade de luz que o substrato permite chegar à semente podem ser responsáveis pela redução do índice de velocidade de germinação com o incremento de resíduo no substrato.

FIGURA III - Desdobramento do índice de velocidade de germinação (IVG) (E e F), dentro dos níveis de tratamento pré-germinativo em função da concentração de resíduo da mineração de ferro no substrato:



Ns = não significativo, * e ** = significativo a 5 e 1 % pelo teste t, respectivamente.

Os resultados obtidos neste trabalho são de grande relevância podendo contribuir para a reabilitação de área degradadas pela mineração, indicando que a semeadura direta de sementes, pode ser uma técnica viável. Todavia, para uma satisfatória reabilitação da vegetação e desenvolvimento de novas técnicas e formas para conduzir a recuperação em áreas degradadas pela mineração, é necessária a intensificação de novas pesquisas que considerem, entre outras áreas, a interação a informações sobre a físico-química e microbiologia dos solos após modificação, a fenologia, a ciclagem de nutrientes e a ecologia das espécies vegetais. (MOREIRA, 2004).

5. CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados deste trabalho foi possível chegar às seguintes conclusões:

- O tratamento germinativo A2 com água deionizada a 80°C por 5 minutos promoveu maior germinação de sementes e melhor desenvolvimento das mudas.
- O incremento das proporções de rejeito promoveu redução da germinação e do índice de velocidade de germinação na produção de matéria seca.
- A proporção em torno de 0,7 resíduo/substrato, promoveu maior volume, matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz.
- A leucena mostrou-se uma espécie promissora para utilização na recuperação de áreas degradadas pela mineração.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, K. A. D.; SILVA, P. A.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; BOTELHO, F. J. Desenvolvimento de mudas de alface a partir de sementes armazenadas e enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 5, p. 56-65, 2009.
- BACCI, D. L. C.; LANDIM, P. M. B.; ESTON, S. M. Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana. **Revista Escola de Minas**, v. 59, n. 1, p. 47-54, 2006.
- BAIN & COMPANY. Potencial da diversificação da indústria química brasileira. Rio de Janeiro, p. 8, 2014.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. ed. 4 Jaboticabal: Funep, 2006, 237p.
- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. (ORGS.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009, 395p.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal**. 3 ed., Viçosa, MG: Editora UFV, 2009, 261 p.
- CARDOSO, E. A.; ALVES, A. U.; CAVALCANTE, Í. H. L.; FARIAS, S. G. G.; SANTIAGO, F. E. M. Methods for overcoming dormancy in leucena seeds. **Revista de Ciências Agrárias / Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 55, n. 3, p. 220-224, 2012.
- CHAVES, M. M. F.; USBERTI, R. Previsão da longevidade de sementes de faveiro (*Dimorphandra mollis* Benth.) **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 4, p. 557-564, 2003.
- CRUZ, W. J. A. RODRIGUES, D. D., PINTO, J. M. Viabilidade Das Sementes E Desenvolvimento De Mudas De Leucena (*Leucaena Leucocephala*) Em Diferentes Substratos. **Ciências Agrárias, Reunião Anual da SBPC**, 2009.
- DECKER, V.; KLOSOWSKI, E. S.; MALAVASI, U, C.; NUNES, A. Avaliação da intensidade luminosa no desenvolvimento inicial de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 609-618, 2011.
- DIAS, L. E. & J. J. GRIFFITH. Conceituação e caracterização de áreas degradadas, p. 1-7. 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. 251 p. 1998.
- FIGLIOLIA, M.B.; OLIVEIRA, E. C. PIÑA-RODRIGUES, F/C/M. **Análise De Sementes**. In: Aguiar, I.B. Piña-Rodrigues, F.C.M. Figliolia, M.B. (coord.). Sementes florestais tropicais. Brasília: abrates, cap.4, p.137-174, 1993.

FERREIRA C. W.; BOTELHO S. A.; DAVIDE A. C.; FARIA J. M. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do rio Grande, na usina hidrelétrica de Camargos, MG. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.177-185, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: **a computer analysis system**. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FRANCHI, J. G. A utilização de turfa como adsorvente de metais pesados: O exemplo da contaminação da bacia do rio Ribeira de Iguape por chumbo e metais associados. 187f. **Tese** (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica). Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2010.

GUSMÃO, E.; VIEIRA, F. A.; FONSECA, E. M. Biometria de frutos e endocarpos de murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. Ex A. Juss.). **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 84-91, 2006.

GUERRINI I. A. & R. M. TRIGUEIRO. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v/28; p. 1069-1076, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO –IBRAM. **Informações e análises da economia mineral brasileira**. 7 ed., Disponível em <www.ibram.org.br>. Acesso em 9 jan. 2014.

KLUTHCOUSKI, J. *Leucena*: alternativa para a pequena e média agricultura. Brasília: **EMBRAPA-DID**. 1980. 12 p.

MAGUIRRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MOREIRA, P R. Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG. 2004. xv, 139 f. **Tese (doutorado)** - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2004. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/100645>>, Acesso em 06 de dezembro 2016.

NASCIMENTO, P. K. V.; FRANCO, E. T. H.; FRASSETTO, E. G. Desinfestação e germinação *in vitro* de sementes de *Parapiptadenia rígida* Bentham (Brenam). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 141-143, 2007.

OLIVEIRA, A. B. Germinação de sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) var. K-72. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 8, n. 2, p. 166-172, 2008.

OLIVEIRA, A. B.; MEDEIROS FILHO, S. Influência de tratamentos pré-germinativos, temperatura e luminosidade na germinação de sementes de leucena, cv. Cunningham. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 2, n. 4, p/268-274, 2007.

OLIVEIRA, G. Q.; A. S. LOPES; L. H. JUNG; J. C. L. OLIVEIRA; E. D. FANAYA JÚNIOR; N. H. REGO. Desenvolvimento Inicial De Dois Híbridos De Eucalipto Irrigados Por Microaspersão. **Inovagri**, Fortaleza, Ceará, Brasil, maio 2012.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Métodos estatísticos aplicados à melhoria da qualidade**. 1 ed., Viçosa: Editora UFV. 2012, 385p.

SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS. 3ª ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**. 2013. 353p

SCHMITZ, J. A. K; SOUZA, P. V. D.; KAMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 937-944, 2002.

SAMITRI S. A. Mineração da Trindade. Mina de Alegria: Sistema de deposição de rejeitos sólidos. **Aspectos ambientais do projeto. Enge-Rio**, Rio de Janeiro. 39 p. 1989.

SILVA G. P.; FONTES M. P. F.; COSTA L. M. C.; BARROS N. F. Caracterização Química, Física E Mineralógica De Estéreis E Rejeito Da Mineração De Ferro Da Mina De Alegria, Mariana-Mg. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36 n.1 p. 45-52, 2006.

TELES, M. M.; ALVES, A. A.; OLIVEIRA, J. C. G.; BEZERRA, A, M. E. Métodos para quebra da dormência em sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Witt. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 387-391, 2000.

VALCARCEL, R. E SILVA,Z.S. Eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Rev. Floresta** 27(1/2), p. 101-114, 2000. UFPr. ISSN 0015-3826.

7. APÊNDICE

Figura I – Mistura do solo em betoneira



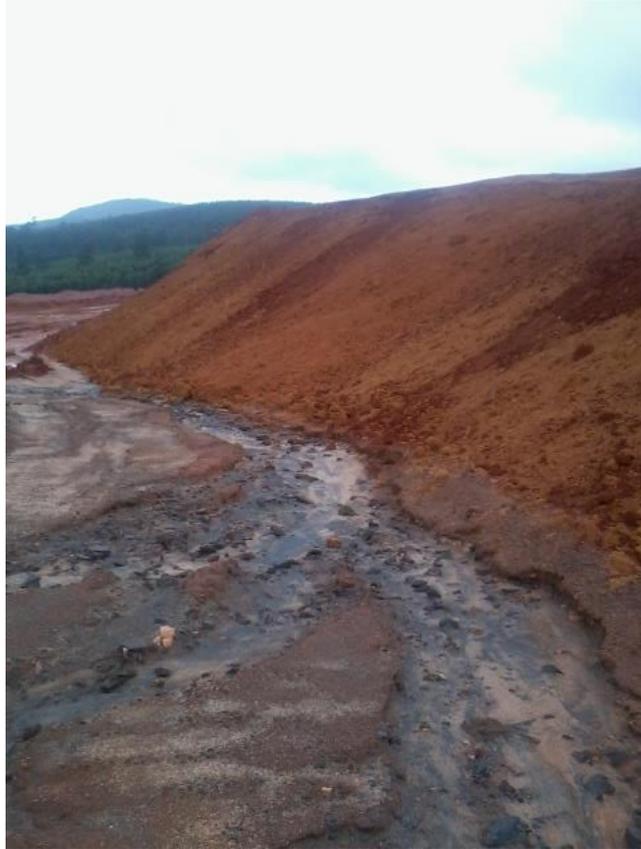
Fonte: autora

Figura II – Triagem de sementes



Fonte: autora

Figura III – Rejeito da mineração



Fonte: Autora

Figura IV – Distribuição dos tubetes em canteiro suspenso



Fonte: autora