

**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Minas Gerais
Campus Bambuí

APÊNDICE

NOTA TÉCNICA

Interessado: Companhia Siderúrgica Nacional – CSN Arcos/MG.

Assunto: Sugestões de método mais eficaz no controle à *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit e para recomposição de área invadida pela espécie.

Sumário Executivo

Essa Nota Técnica foi elaborada a partir de abordagem experimental de métodos para controle mecânico e químico de leucenas no complexo minero industrial da CSN – Unidade Arcos/MG e também da avaliação dos efeitos da espécie invasora em atributos químicos e microrganismos do solo a partir da comparação de amostras de solos de uma área ocupada por leucenas com áreas controle ocupadas por pastagem braquiária em regeneração natural e um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual existem no empreendimento.

O presente documento apresenta um resumo dos experimentos e análises realizadas e é concluído com sugestões para a continuidade das atividades de erradicação das leucenas na área invadida, buscando a maior eficiência técnica, econômica e ecológica para o desafio proposto.

Recomenda-se que a empresa revise seu Plano de Controle de Espécies Exóticas, contemplando na área invadida o plantio de espécies secundárias e clímax, visto que as ações de controle físico-químicos das leucenas não apresentaram resultados satisfatórios, principalmente devido à grande viabilidade do banco de sementes presentes na área. Outro resultado que corrobora com essa sugestão é o fato de que os atributos físico-químicos e biológicos da área de leucenas se assemelham aos de uma área de Floresta Estacional Semidecidual existente no empreendimento, demonstrando que as leucenas apresentaram capacidade para a melhoria da qualidade do solo da área invadida.

Contudo, caso a empresa se disponha de realizar novas intervenções com uso de herbicidas, com previsto no Plano de Manejo de Espécies Exóticas aprovado pelo IEF, sugere-se a realização do corte raso e aplicação do o picloram +2,4D, que se mostrou mais eficaz que os herbicidas triclopir e glifosato, mesmo após o corte das leucenas.

Lista de Siglas

DAT – Dias Após o Tratamento

IEF – Instituto Estadual de Florestas

IFMG – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

IUCN – União Internacional para Conservação da Natureza

KO – KEGG Ontology

MPSTA – Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologias Ambientais

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

PCoA – Análise de Componentes Principais (inglês)

Lista de Figuras

Figura 1 – Desenho amostral das áreas de coleta de solo para análise microbiana.

Figura 2 – Representação de dissimilaridades da beta diversidade na estrutura da comunidade bacteriana por biplot de Análise de Componentes Principais (ACP) das áreas estudadas.

Figura 3 – Diversidade metabólica (KO) entre as áreas estudadas.

Figura 4 – Altura de plantas de Leucena (m) em diferentes dias após os tratamentos físico-químico.

Figura 5 – Medida da circunferência do tronco a altura do peito (cm) em diferentes dias após os tratamentos físico-químico.

Lista de Tabelas

Tabela 01 – Dados expansão de ocupação do solo pela leucena.

Tabela 2 – Percentual de controle dos diferentes tratamentos aos diferentes dias de avaliação após aplicação.

Introdução

A leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) é uma espécie arbustivo-arbórea originária do México e América Central que teve seu cultivo estimulado em diversas partes do mundo em meados do século passado, principalmente por estar entre as espécies leguminosas de rápido crescimento, fixadoras de nitrogênio. Por isso foi considerada uma alternativa promissora para recuperação da cobertura vegetal e reabilitação de áreas degradadas (FRANCO e FARIA, 1997; COSTA e DURIGAN, 2012).

Contudo vários países onde a espécie foi plantada tem reportado suas características como espécie invasora, o que levou a sua inserção na lista das 100 maiores espécies invasoras do planeta, elaborada pelo Grupo de Especialistas em Espécies Invasoras da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN). A leucena se destaca pela grande capacidade de expansão em diferentes biomas podendo se expandir amplamente em reservas naturais e centros de diversidade de plantas ao redor do mundo (WAN; WANG, 2018).

Os impactos ambientais de espécies exóticas invasoras variam de acordo com as características biológicas de cada espécie, porém os impactos mais frequentes decorrem da dominância do meio invadido, quebra de cadeias tróficas, alteração de ciclos naturais e de características químicas ou físicas de solos e do equilíbrio hídrico. Esses impactos podem implicar na expulsão de espécies nativas e na redução de populações naturais, por vezes com risco de extinções locais (ZILLER, GALVÃO, 2002; DECHOUM, 2012).

Por outro lado, *L.leucocephala* é reconhecida como uma espécie muito eficiente na recuperação das propriedades físicas do solo, particularmente porosidade e densidade aparente, devido à rápida incorporação de húmus em solo mineral (SHELTON e BREWBAKER 1994).

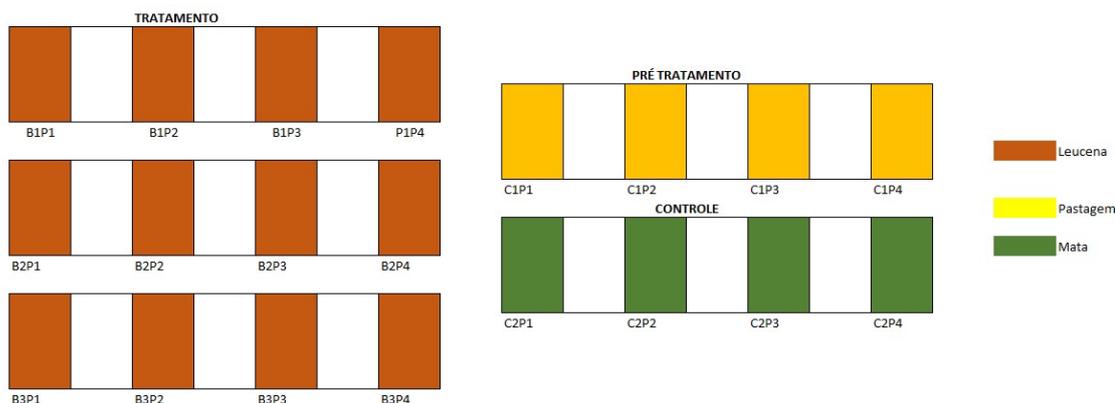
Delineamento Experimental

Atributos químicos e biológicos do solo

A área ocupada por leucena (tratamento) foi dividida em 3 blocos amostrais com 8 parcelas de 15m x 15m em cada bloco. Em cada bloco foram coletas 4 amostras compostas de solo, resultando nessa área em um total de 12 amostras compostas de solo.

As áreas ocupadas por pastagem braquiária em regeneração natural e por vegetação nativa tiveram 4 amostras compostas de solo em cada uma. Dessa forma, o estudo foi elaborado com base em 20 amostras compostas de solo nos cinco blocos citados, conforme desenho amostral na figura 1.

Figura 1 – Desenho amostral das áreas de coleta de solo para análise microbiana.



Fonte: Autor, 2020.

As amostras coletadas foram coletadas em outubro/2020 e armazenadas em sacos plásticos comerciais utilizados para o armazenamento de alimentos em geladeiras ou freezers e seguiram para o Laboratório de Biologia Molecular do IFMG – Campus Bambuí onde foram mantidas resfriadas. Foram separados 0,25 mg de solo de cada uma das 20 amostras para realização da extração de DNA, amplificação por PCR e sequenciamento de alto rendimento.

Invasão Biológica e Controle Físico-Químico de Leucenas

Para avaliação da invasão biológica por leucenas na área do empreendimento utilizamos imagens de satélites Landsat 7 e 8 dos anos de 2005 a 2017 disponíveis no site *Earth Observing System* (www.eos.com). A avaliação da ocupação do solo pela espécie exótica foi realizada a partir de mapas temáticos com uso do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). O NDVI é calculado pela diferença entre as bandas do infravermelho próximo e do vermelho, normalizada pela soma das mesmas bandas. O modelo utilizado foi proposto por Rouse et al. (1973).

Para verificação das medidas de controle físico-químico, a área ocupada por leucenas foi dividida em parcelas experimentais de 15 m de largura por 15 m de comprimento (225 m²), cada uma com no mínimo 10 plantas de leucena em cada parcela, no total de oito tratamentos e três repetições.

Os tratamentos estudados foram constituídos pelos herbicidas isolados e por corte raso nas plantas, aplicados nas modalidades de pós-emergência, a aplicação foi realizada com o uso de bomba costal nos troncos e nos tocos, logo após a execução do corte raso das árvores de leucena, conforme cada um dos tratamentos propostos:

- 1 – Testemunha;
- 2- picloran+2,4D (288 +1.080 g ha⁻¹) diretamente sobre o tronco
- 3 - Triclopir-butotílico diretamente sobre o tronco das árvores (5 L p.c./ha),
- 4 –Glifosato diretamente sobre o tronco das árvores (2,40 kg i.a. ha⁻¹),
- 5 – Corte raso sem destoca das árvores;
- 6 – Corte raso sem destoca e aplicação de picloran sobre os tocos (4%);
- 7 – Corte raso sem destoca e aplicação de Triclopir-butotílico sobre os tocos (5 L p.c./ha);
- 8 – Corte raso sem destoca e aplicação de Glifosato sobre os tocos (2,40 kg i.a. ha⁻¹).

Foram realizadas as avaliações aos 30, 60, 180 e 360 dias após os tratamentos (DAT) dos seguintes parâmetros: percentual de controle da espécie exótica avaliação visual utilizando-se escala percentual, em que 0 (zero) significa ausência de sintomas (epinastia das plantas, diminuição da área foliar e encarquilhamento das folhas, paralisação do crescimento) e 100 %, morte de todas as plantas, número de indivíduos regenerantes da espécie exótica (considerou regeneração brotações ocorridas), medição da altura do solo até a parte mais alta da planta (metros) e medição da circunferência do caule a altura do peito.

Resultados

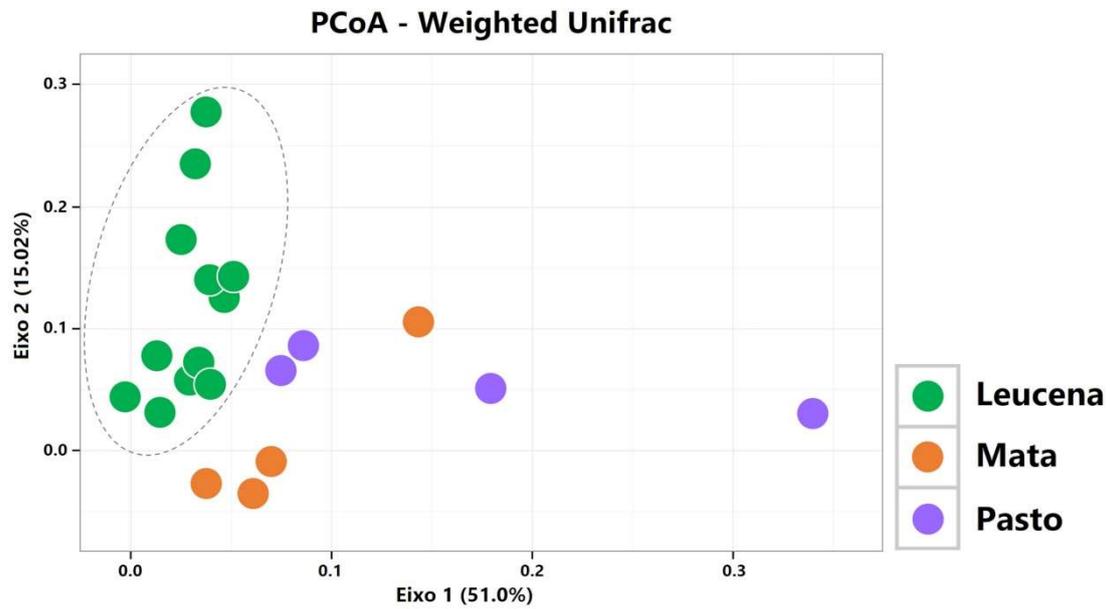
Atributos químicos e biológicos do solo

As análises químicas e biológicas do solo demonstraram que embora houvessem dissimilaridades para parâmetros como P, Cu, Fe e Mn entres os solos das áreas de leucena em comparação com os solos da mata nativa e pastagem braquiária em regeneração natural, a riqueza total de espécies bacterianas (alfa diversidade), composição de espécies (beta diversidade) e a consequente diversidade metabólica (KO) foram similares na área de leucena e mata nativa e essas por sua vez, diferentes da área de pastagem em regeneração natural.

A representação da dissimilaridade da beta diversidade é demonstrada na figura 2 onde quanto mais próximos os pontos indicativos das amostragens de solo realizadas, mais similares eram as amostras entre si.

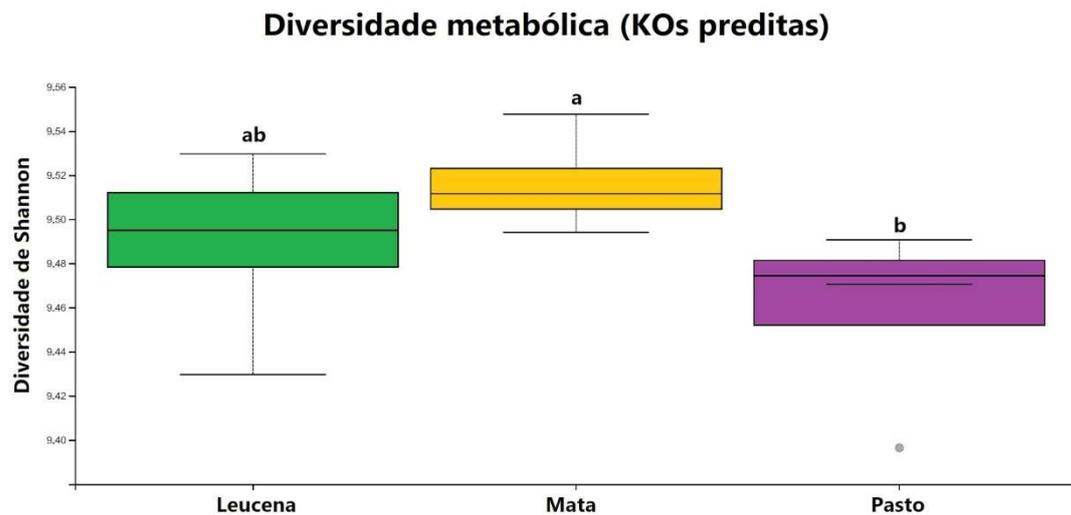
A representação da diversidade metabólica dos microrganismos encontrados nas amostras de solo das áreas é demonstrada na figura 3.

Figura 2 – Representação de dissimilaridades da beta diversidade na estrutura da comunidade bacteriana por biplot de Análise de Componentes Principais (ACP) das áreas estudadas.



Fonte: Autor, 2020.

Figura 3 – Diversidade metabólica (KO) entre as áreas estudadas.



Fonte: Autor, 2020.

Invasão Biológica e Controle Físico-Químico de Leucenas

As leucenas após iniciarem seu desenvolvimento no ano de 2005, tiveram uma expansão de 0,40 ha entre 2005 e 2010; 0,42 ha entre 2010 e 2014; e 0,53 ha entre 2014 a 2017. A média de expansão anual da leucena na área invadida foi de 0,112 ha/ano.

Tabela 01 – Dados expansão de ocupação do solo pela leucena.

Expansão na ocupação do solo				
Período (anos)	Área perímetro (ha)	Período (anos)	Aumento (ha)	Aumento (%)
2005 – 2010	0,40	5	0,40	29%
2010 – 2014	0,82	4	0,42	31%
2014 – 2017	1,35	3	0,53	40%
Área total invadida		1,35 ha		100%

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

O controle mediante aplicação direta dos herbicidas sobre o tronco das árvores de leucena foi ineficaz utilizando os produtos triclopir e glifosato (tratamentos 3, 4, 7 e 8), enquanto o tratamento 2 com o uso do picloran apresentou média de controle 65 e 63% aos 30 e 60 DAT, respectivamente. Porém, ocorreu recuperação das plantas, com regeneração de 80% aos 360 DAT (Tabela 2).

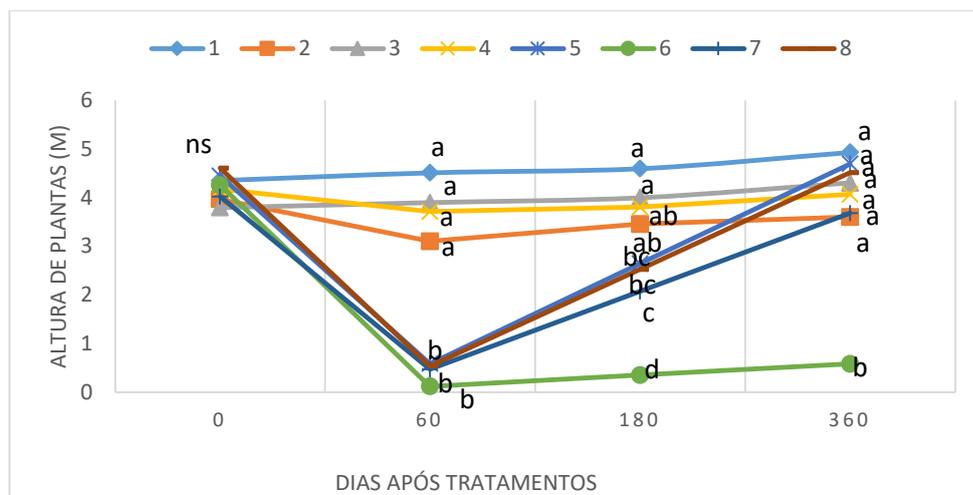
Tabela 2 – Percentual de controle dos diferentes tratamentos aos diferentes dias de avaliação após aplicação.

Tratamentos	Percentual de controle			
	30 DAT	60 DAT	180 DAT	360 DAT
1 – Controle	0,0 %	0,0 %	0,0 %	00,0 %
2 –picloram + 2,4D	65%	63%	30 %	20 %
3 - Triclopir-butotílico;	0,0%	0,0 %	0,0 %	0,0 %
4 –Glifosato	0,0%	0,0 %	0,0 %	0,0 %
5 – Corte raso	50%	10%	0,0 %	0,0 %
6 – Corte + picloram + 2,4D	90%	80%	80%	80%
7 – Corte + Triclopir- butotílico	70%	50%	0,0 %	0,0 %
8 – Corte + Glifosato	30%	20%	0,0 %	0,0 %

Fonte: Autor, 2020.

Observando o efeito dos tratamentos na altura e circunferência nas plantas de leucena, pode observar que aos 60 DAT todos os tratamentos utilizando o corte (tratamentos 6, 7 e 8) se diferenciam dos tratamentos que somente foram aplicados herbicidas e testemunha (tratamentos 2 a 5). Apesar disto, quando se verifica os dados de rebrota da segunda e terceira avaliação (60 e 180 DAT – Figuras 2 e 3) e que aos 180 DAT as plantas se recuperaram evidenciando crescimento em altura e diâmetro do caule. Já a avaliação aos 360 DAT para altura das plantas não existe diferença dos tratamentos da testemunha, exceto o tratamento com corte e uso de picloram+2,4D (Tratamento 6 – figura 4). O mesmo ocorreu na avaliação da circunferência das plantas tendo uma rápida recuperação no uso dos herbicidas já aos 60 DAT, recuperando-se também as plantas que passaram pelo tratamento de corte e uso de tryclopir e glifosato aos 360 DAT (tratamentos 7 e 8 – figura 5).

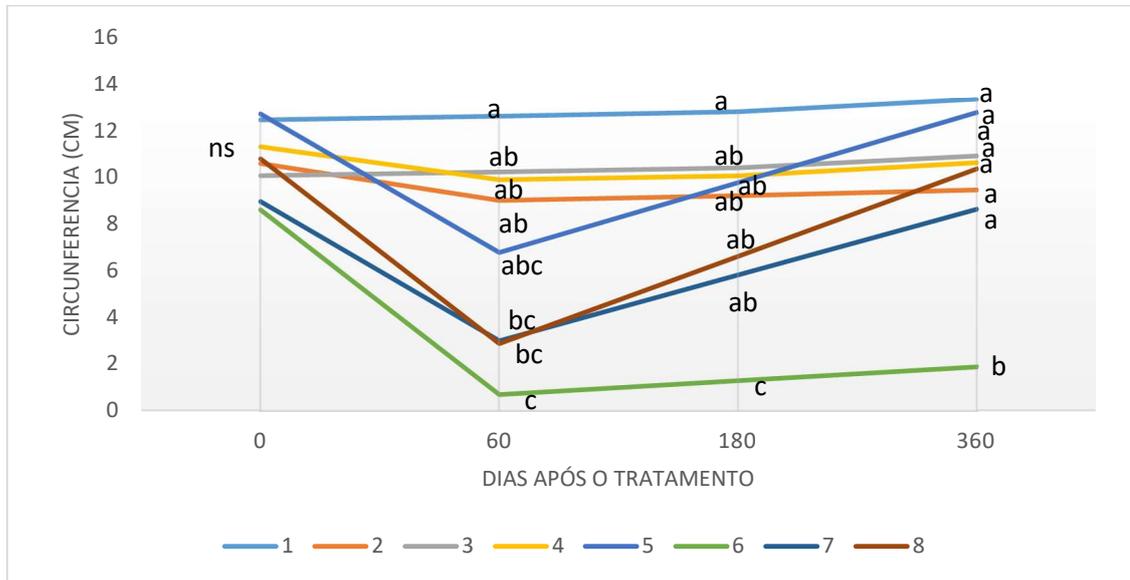
Figura 4 – Altura de plantas de Leucena (m) em diferentes dias após os tratamentos físico-químico.



1 – Controle, 2 – picloram + 2,4D, 3 – Triclopir; 4 – Glifosato; 5 – Corte raso, 6 – Corte + picloram + 2,4D; 7 – Corte + Triclopir; 8 – Corte + Glifosato. Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$)

Fonte: Autor, 2020.

Figura 5 – Medida da circunferência do tronco a altura do peito (cm) em diferentes dias após os tratamentos físico-químico.



1 – Controle, 2 – picloram + 2,4D, 3 – Triclopir; 4 – Glifosato; 5 – Corte raso, 6 – Corte + picloram + 2,4D; 7 – Corte + Triclopir; 8 – Corte + Glifosato. Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Autor, 2020.

Conclusão

Na avaliação dos efeitos de *Leucaena leucocephala* em nutrientes e microrganismos do solo a partir da comparação dos atributos químicos e biológicos dos solos, nosso estudo concluiu que mesmo existindo uma maior similaridade entre os parâmetros químicos do solo da área de leucenas com o solo da área de pastagem braquiária em regeneração natural, existiam semelhanças entre a composição e diversidade bacteriana da área ocupada por leucena com a área ocupada por mata, e que essas por sua vez diferiam dos microrganismos ocorrentes na área de pastagem braquiária.

Esse resultado indica que, embora a leucena tenha prejudicado a regeneração natural da área invadida, a espécie exótica não interferiu significativamente nos atributos químicos e biológicos avaliados em comparação à área de mata existente no empreendimento, sugerindo que seu impacto é maior sobre os processos de sucessão ecológica.

Considerando a recente ótica dos estudos de recuperação ambiental sobre os atributos microbiológicos dos solos, os quais se apresentam como importantes aspectos positivos ao desenvolvimento vegetal, o estudo lançou luz, na temática sobre como combater e/ou substituir gradativamente *L. leucocephala* por espécies nativas, ganhando força hipótese de que a exótica se comportará como pioneira e se bem manejada, será substituída no decorrer da sucessão ecológica, que poderá ser acelerada com plantios de enriquecimento com espécies nativas.

No experimento com objetivo de verificar o controle e erradicação de leucenas, concluímos que o melhor resultado para controle da espécie é a aplicação de picloram +2,4D sobre os tocos das árvores, atingindo média de 80% de eficácia no controle e que mesmo em aplicações diretas, sem a realização de cortes, o picloram +2,4D se mostrou mais eficaz que triclopir e glifosato, atingindo bons resultados de controle até aos 60DAT.

Contudo, mesmo com a retirada completa dos indivíduos adultos na área invadida, já executada sem sucesso na área estudada em anos anteriores, o banco de sementes da leucena tende a permanecer ativo por muitos anos, resultando em novos dispêndios para o controle dos indivíduos regenerantes da espécie invasora, o que torna o plantio de mudas nativas com características sucessionais secundárias e climáx, ainda que apresentem desenvolvimento lento, medida mais viável e com possibilidade de melhor resultado para recuperação da área.

REFERÊNCIAS

- EOS – Earth Observing System. Disponível em <https://eos.com/landviewer> Acesso em 02 jan. 2021.
- FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. The contribution of N₂-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v. 9, n. 516, p. 897-903, 1997.
- IUCN – Internacional Union for Conservation of Nature. Invasive Species Specialist Group. 2020. Disponível em: <http://www.issg.org/> Acesso em 17 dez. 2020
- WAN, J.-Z.; WANG, C.-J. Expansion risk of invasive plants in regions of high plant diversity: A global assessment using 36 species. *Ecological Informatics*, n. 2017, p. #pagerange#, 2018.
- ZILLER, S. R. e GALVÃO, F. A degradação da estepe gramíneo-lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *P. taeda*. *FLORESTA*, Curitiba, PR, v. 32, n.1, p. 41-47, maio-2002.

Cópia do e-mail contendo a Nota Técnica com sugestões de método mais eficaz no controle à *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit e para recomposição de área invadida pela espécie, enviado ao Sr. Alexandre Ferreira, Gerente de Meio Ambiente da Companhia Siderúrgica Nacional – CSN.



Wellerson Eleutério <eleuterio21@gmail.com>

Nota Técnica

Wellerson Eleutério <eleuterio21@gmail.com>
Para: ALEXANDRE FERREIRA <a.ferreira@csn.com.br>

17 de março de 2021 20:05

Boa noite Alexandre.

Encaminho Nota Técnica com sugestões de método mais eficaz no controle à *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit e para recomposição de área invadida pela espécie, elaborada como Produto Técnico da Dissertação de Mestrado do Programa de Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologias Ambientais do IFMG - Campus Bambuí/MG. Na oportunidade, agradeço o apoio da empresa na disponibilidade da área para realização dos estudos e demais recursos. Qualquer esclarecimento adicional, permaneço à disposição. Atenciosamente;

Wellerson Eleutério
Biólogo - CRBio 57.313/04-D
Esp. Manejo e Gestão de Sistemas Florestais - UFLA
Mestrandando em Sustentabilidade e Tecnologias Ambientais - IFMG
Celular (37) 9.9936-5606
ID Lattes: 4186789307967182

 **NOTA TÉCNICA_CSN.pdf**
873K