

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

THAÍS SOTO BONI

**ESTADO NUTRICIONAL DE MUDAS DE BARU (*Dipteryx alata*) EM
ÁREA DE RECUPERAÇÃO E REMANESCENTES DE CERRADO**

Ilha Solteira
2015

THAÍS SOTO BONI

**ESTADO NUTRICIONAL DE MUDAS DE BARU (*Dipteryx alata*) EM
ÁREA DE RECUPERAÇÃO E REMANESCENTES DE CERRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia, *Campus* de Ilha
Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio
de Mesquita Filho”, como parte das exigências
para obtenção do título de Bacharel em
Ciências Biológicas.

Prof^a. Dr^a. KÁTIA LUCIENE MALTONI
Orientadora

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

B715e Boni, Thaís Soto.
Estado nutricional de mudas de Baru (*Dipteryx alata*) em área de
recuperação e remanescentes de cerrado / Thaís Soto Boni. -- Ilha Solteira:
[s.n.], 2015
55 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. 2015

Orientador: Kátia Luciene Maltoni
Inclui bibliografia

1. Nutrição de plantas. 2. Uso de resíduos. 3. Recuperação de áreas
degradadas.

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ESTADO NUTRICIONAL DE MUDAS DE BARU (*Dipteryx alata*) EM ÁREA EM RECUPERAÇÃO E REMANESCENTES DE CERRADO

THAÍS SOTO BONI

REGULAMENTO SOBRE A AVALIAÇÃO:

- ARTIGO 25º - § 2º A apresentação pública do trabalho de TCC deverá ser de no mínimo 20 (vinte) minutos e máximo de 40 (quarenta) minutos. Após um intervalo de 5 (cinco) minutos, haverá a arguição do Trabalho pelos examinadores. O tempo de arguição, será de até 15 (quinze) minutos para cada examinador, e até 15 (quinze) minutos o tempo para a resposta do(a) aluno(a) a cada examinador ou no caso de se optar pelo diálogo, o tempo conjunto entre examinador e acadêmico(a) será de no máximo 30 (trinta) minutos.
- ARTIGO 24º - No julgamento do TCC, a banca examinadora deverá avaliar a apresentação oral, escrita e a defesa do trabalho durante a arguição. O conceito final será APROVADO ou REPROVADO.

COMISSÃO EXAMINADORA

1º EXAMINADOR (Orientador-Presidente)
Nome: Profa. Dra. Kátia Luciene Maltoni



2º EXAMINADOR
Nome: Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho



3º EXAMINADOR
Nome: Dra. Adriana Avelino dos Santos



CONCEITO

☒ APROVADO
☐ REPROVADO

Ilha Solteira-SP, 28 de julho de 2015.

DEDICO

Aos meus pais, Neide Alves Soto Boni e Edson Boni, e à minha avó, Ana Rosa Alves Boni,
pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda a minha família, pelo apoio e incentivo que foram fundamentais para mais essa conquista.

Ao meu namorado, Paues Peres Borin, pelo apoio, incentivo, companheirismo e compreensão que tanto me ajudaram a superar as dificuldades vividas na graduação e na vida.

A minha querida orientadora, a Prof^a Dr^a Kátia Luciene Maltoni, pelo direcionamento e excepcional apoio.

Aos professores e funcionários da Unesp – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira que muito contribuíram para minha formação.

Aos técnicos José Antonio Agustini, Marcelo Rinaldi da Silva e Carlos Araújo da Silva pela importante ajuda.

Ao técnico e amigo Diego Gonçalves Feitosa, pela incondicional ajuda, apoio e amizade.

A companheira de graduação, de estágio e amiga, Kellian Kenji G. da S. Mizobata, que sempre esteve e estará ao meu lado no próximo desafio (mestrado), que tanto me apoiou e compartilhou comigo angústias e superação ao longo desses anos de graduação.

A amiga Adriana Avelino Santos, que acompanhou de perto meus dias no laboratório, me incentivou e sempre estava disposta a oferecer um abraço amigo quando eu mais precisava.

Aos meus amigos de Guararapes, irmãos que a vida me deu, e que sempre me apoiaram e motivaram a buscar o crescimento, com os quais passei momentos muito agradáveis que serviram como válvula de escape do stress universitário.

As meninas da república, Patricia Postingel Quirino e Thaís Paschoal Postinguel, que apesar do meu jeito de ser, se mostraram companheiras e paciosas.

E a tantos outros anjos que a vida me deu, que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento e aprendizagem.

“A terra é a mãe de todos nós – plantas, animais e homens. O fósforo e o cálcio da terra constroem nossos esqueletos e sistema nervoso. Tudo o que os nossos corpos necessitam, exceto ar e sol, vem da terra”.

(HENRY WALLACE, 1938)

RESUMO

O Baru (*Dipteryx alata*) é uma espécie arbórea do Cerrado com possibilidade de uso na nutrição humana e animal, e na indústria farmacêutica. Para recuperação de áreas degradadas a revegetação tem sido uma das alternativas, no entanto, demanda a adição de insumos. Os objetivos deste trabalho foram avaliar o estado nutricional e o crescimento de mudas de *Dipteryx alata* introduzidas em solo degradado, em processo de recuperação com incorporação de resíduos (orgânico e agroindustrial), comparativamente à mudas coletadas em Cerrado conservado, e avaliar a influência dos resíduos utilizados sobre atributos químicos do solo. Neste trabalho o solo degradado recebeu a incorporação de resíduos, orgânico – RO (macrófitas aquáticas) e agroindustrial – RA (cinza oriunda da queima do bagaço da cana-de-açúcar), com as seguintes doses: 0, 16 e 32 t ha⁻¹ e 0, 15, 30 e 45 t ha⁻¹ respectivamente. Transcorridos três meses da incorporação dos resíduos ao solo degradado mudas de *D. alata* foram introduzidas na área experimental e 12 meses depois foram avaliadas para altura, diâmetro do caule, índice de clorofila e teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Para fins de comparação, a concentração foliar dos mesmos elementos foi conduzida em mudas de *Dipteryx alata* coletadas em Cerrado conservado. Concomitante à coleta de folhas no Cerrado conservado e na área experimental, coletou-se solo (0,0 – 0,20m de profundidade) para avaliação de atributos químicos (P, MO, pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al, Cu, Fe, Mn e Zn). Ao se comparar as mudas coletadas no Cerrado com as mudas da área experimental observa-se que a concentração foliar de N, P, K e Mg foi superior nas mudas obtidas no Cerrado conservado, em relação às que foram introduzidas na área experimental. Fe, Mn e Zn, apresentam menor concentração foliar nas plantas coletadas no Cerrado, no caso do Mn os piores resultados ocorrem na ausência de macrófitas indicando a importância do resíduo orgânico. A concentração foliar de Ca, S e Cu foi semelhante em ambas as áreas, mostrando ausência de efeitos dos resíduos, tanto orgânico como agroindustrial, sobre a concentração foliar destes elementos. A adição dos resíduos (RO e RA) contribuiu para aumentar os nutrientes foliares, contudo, estes não alcançaram as mesmas concentrações observadas nas mudas do Cerrado conservado. Na área experimental, a clorofila foliar não foi influenciada pelos tratamentos com resíduos, mas altura e diâmetro apresentaram incrementos tanto na presença de RO quanto de RA.

Palavras-chave: Solo degradado. Resíduos. Macrófitas aquáticas. Cinza da queima do bagaço da cana-de-açúcar.

ABSTRACT

The *Dipteryx alata* is a tree specie with possibility of use in human and animal nutrition, and in the pharmaceutical industry. For reclamation of degraded areas, the revegetation has been an alternative, however, requires fertilizer addition. The objectives of this study were to evaluate the nutritional status and growth of *Dipteryx alata* seedlings, introduced in degraded soil under recovery process, with residues (organic and agro-industrial), compared to collected seedlings in preserved Cerrado, and evaluate the residues impact on soil chemical properties. In this work the degraded soil received the incorporation of residues, organic - RO (macrophytes) and agroindustrial - RA (ash derived from burning bagasse from sugarcane), with the following doses: 0, 16 and 32 t ha⁻¹ and 0, 15, 30 and 45 t ha⁻¹ respectively. Within three months of incorporation of residues into the degraded soil, the *D. alata* seedlings were introduced in the experimental area, and 12 months later were evaluated for height, stem diameter, chlorophyll content and leaf contents of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn. For purposes of comparison, the foliar concentration of those elements was determined in *Dipteryx alata* seedlings collected in preserved Cerrado area. Concomitant with the collect of leaves, at Cerrado and experimental area, soil was collected (0.0 - 0.20m deep) for evaluation of chemical parameters (P, OM, pH, K, Ca, Mg, H + Al, Al, Cu, Fe, Mn and Zn). Comparing the seedlings collected in the Cerrado with the seedlings from experimental area it is observed that the leaf concentration of N, P, K and Mg was higher in seedlings from preserved Cerrado in relation to those introduced in the experimental area. Fe, Mn and Zn, have lower foliar concentration in plants collected in the Cerrado, in the case of Mn the worst results occur in the absence of macrophytes indicating the importance of organic residue. The foliar concentration of Ca, S and Cu was similar in both areas showing the absence of residues effects, both organic and agroindustrial on the foliar concentration of these elements. The addition of residue (RO and RA) increased the foliar nutrients, however, these did not reach the same concentrations observed in seedlings of preserved Cerrado. In the experimental area, the leaf chlorophyll was not affected by treatments with residues, but height and diameter showed increased in the presence of RO and RA.

Keywords: Degraded soil. Wastes. Macrophyte. Ash from sugarcane bagasse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de localização da área experimental, na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.....	21
Figura 2	Gráficos de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação médios dos anos de 2011, 2012 e 2013.....	22
Figura 3	Imagens produzidas em novembro de 2011 na área experimental na FEPE - UNESP/ <i>Campus</i> de Ilha Solteira. A: antes da incorporação dos resíduos. B: após a incorporação dos resíduos	23
Figura 4	Locais de coleta. A: área experimental. B: remanescentes de Cerrado.....	24
Figura 5	Baru (<i>Dipteryx alata</i>) na área experimental com 24 meses.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores médios dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn para mudas de <i>Dipteryx alata</i> , por tratamento (área experimental) e em campo (remanescentes de Cerrado), bem como valores de F e coeficiente de variação (CV).....	27
Tabela 2	Valores médios dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn para mudas de <i>Dipteryx alata</i> , por tratamento (área experimental), valores de F e coeficiente de variação (CV).....	28
Tabela 3	Equações de regressão e valores de R^2 , para teores foliares de P, K e Zn, em função das doses do resíduo agroindustrial (RA), do <i>Dipteryx alata</i>	28
Tabela 4	Valores médios para P, MO, pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al, CTC, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn do solo, por tratamento (área experimental) e em campo (remanescentes de Cerrado), bem como valores de F e coeficientes de variação (CV). Fevereiro/2013 Selvíria-MS.....	30
Tabela 5	Matriz de correlação linear simples entre nutrientes foliares das mudas e atributos químicos do solo.....	31
Tabela 6	Desdobramentos da interação resíduo orgânico (RO) e agroindustrial (RA) incorporados ao solo, para os teores foliares de Mg, B e Fe de mudas de Baru.....	33
Tabela 7	Valores médios para P, MO, pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al, CTC, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn do solo, após 12 meses de introdução das mudas em campo (área experimental), bem como valores de F e coeficientes de variação (CV).....	36
Tabela 8	Equações de regressão e valores de R^2 , para teores de pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al e B no solo em função das doses do resíduo agroindustrial (RA).....	37
Tabela 9	Desdobramentos da interação resíduo orgânico (RO) e agroindustrial (RA) incorporados ao solo, para os teores de Ca do solo.....	37

Tabela 10	Valores médios para altura de planta, diâmetro do caule, e índice de clorofila foliar (ICF), em função dos tratamentos.....	39
Tabela 11	Equações de regressão e valores de R^2 , para altura de planta e diâmetro do caule de <i>Dipteryx alata</i> em função das doses do resíduo agroindustrial (RA).....	39
Tabela 12	Matriz de correlação linear simples entre índice de clorofila foliar (ICF), altura de planta (ALT), diâmetro de caule (DIA) e os nutrientes foliares das mudas.....	40
Tabela 13	Matriz de correlação linear simples entre índice de clorofila foliar (ICF), altura de planta (ALT), diâmetro de caule (DIA) e os atributos químicos do solo.....	41
Tabela 14	Valores médios para P, MO, pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al, B, Cu, Fe, Mn e Zn do solo antes do início do experimento.....	49
Tabela 15	Valores médios para temperatura e umidade do solo, medidas às 7h30 e 15h, durante 05 dias, antes do início do experimento (2011).....	49
Tabela 16	Valores médios para densidade do solo, antes do início do experimento (2011).....	49
Tabela 17	Valores médios para a composição granulométrica do solo, antes do início do experimento (2011).....	49
ANEXO B	Composição química do resíduo agroindustrial (cinza), determinada em termos de óxidos totais.....	50
ANEXO C	Teores de nutrientes do resíduo orgânico (macrófitas aquáticas) (MALAVOLTA et al.,1997).....	51
ANEXO D	Caracterização química do resíduo agroindustrial (cinza) (RAIJ et al., 2001).....	52

ANEXO E	Descrição dos tratamentos gerados pela combinação de doses dos resíduos orgânico e agroindustrial.....	53
----------------	---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
	2.1 Cerrado e <i>Dipteryx alata</i>	15
	2.2 Áreas degradadas e sua recuperação.....	16
	2.3 Utilização de resíduos.....	17
	2.4 Qualidade das mudas.....	18
3	OBJETIVOS.....	20
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6	CONCLUSÕES.....	42
	REFERÊNCIAS.....	43
	APÊNDICES.....	49

1 INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas têm causado uma série de drásticas perturbações ao solo, resultando no desenvolvimento de extensas áreas degradadas ao redor do planeta.

A retirada das camadas superficiais do solo prejudica o estabelecimento e desenvolvimento de plantas. Estas restrições podem estar relacionadas à alta compactação da superfície, à baixa capacidade de armazenamento de água, falta de matéria orgânica, baixa capacidade de troca catiônica e redução da fertilidade, fazendo-se necessária as devidas correções para que os vegetais possam se desenvolver melhor.

Para minimizar esses impactos, é necessário agilizar o processo de sucessão ecológica, com a implantação de medidas físico-biológicas, que criem condições para melhorar as áreas em médio prazo. Em áreas de solo degradado, tem-se buscado a recuperação por meio da revegetação, possibilitando a produção de matéria orgânica e a recuperação da comunidade microbiana do solo, que tem papel fundamental nas transformações que equilibram e sustentam os ecossistemas naturais, restabelecendo a inter-relação da vegetação com a morfologia, a química e a biologia do solo.

Há uma grande variedade de resíduos orgânicos e agroindustriais que podem ser utilizados como condicionantes do solo, substituindo o uso de insumos agrícolas. A região de Ilha Solteira conta com a presença de diversas usinas de açúcar e álcool e de usinas hidrelétricas, o que favorece o uso de resíduos gerados por estas, como a cinza oriunda da queima do bagaço da cana-de-açúcar, subproduto da fabricação do álcool e as macrófitas aquáticas tem se tornado um problema para o processo de geração de energia, em usinas hidrelétricas. Ambos são ricos em nutrientes e possibilitam seu uso para a recuperação de áreas degradadas, em associação a revegetação com espécies nativas.

Para que um processo de revegetação seja bem-sucedido, além de melhorar as condições edáficas da área a ser revegetada, é necessário selecionar espécies adequadas às condições ambientais, bem como obter mudas de boa qualidade, o que em conjunto pode contribuir para o sucesso da revegetação. No entanto, há uma lacuna existente na literatura quando se trata de espécies arbóreas nativas do Cerrado, necessitando dessa maneira de estudos para se conhecer melhor o comportamento dessas espécies, possibilitando uma melhor avaliação de sua qualidade, o que vem a contribuir com diversos estudos sem a utilização destas.

O Baru (*Dipteryx alata*) é uma espécie nativa de Cerrado que apresenta diversas possibilidades de uso. Esta tem sido apreciada comercialmente pois oferece frutos com polpa carnosa mesmo durante a estação seca, mostrando-se importante tanto para a alimentação humana, quanto para a fauna silvestre. A utilização do Baru para a revegetação de áreas degradadas é uma alternativa interessante para a conservação e dispersão da espécie, bem como para o enriquecimento da diversidade local, realizada pelos animais. Essas e outras características tornam essa espécie muito atrativa para projetos de recuperação de áreas degradadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cerrado e *Dipteryx alata*

O Cerrado, segundo maior bioma da América Latina, é reconhecido como a savana mais rica do mundo. Possui uma grande diversidade de habitats, que determinam uma notável alternância de espécies entre diferentes fitofisionomias (BRASIL, 2015).

Apesar do reconhecimento de sua importância biológica, o bioma apresenta apenas 8,21% de seu território legalmente protegido, por unidades de conservação (BRASIL, 2015), e encontra-se muito ameaçado.

A combinação de alta riqueza de espécies e elevado grau de ameaça levou a inclusão do Cerrado na lista de áreas consideradas críticas para a conservação da biodiversidade no mundo, denominadas *hotspots* (MYERS et al., 2000; SLOAN et al., 2014).

O bioma Cerrado manteve-se inalterado até a década de 50, contudo, a partir de 1960, com a interiorização da capital brasileira, a implantação de novas infraestruturas viárias e energéticas e o incentivo ao aumento de produção agrícola, contribuíram para a remoção acelerada de áreas nativas e severa fragmentação deste ecossistema (VASCONCELOS; SANTOS, 2003; AGUIAR; CAMARGOS, 2004).

Com o avanço das mudanças climáticas é necessário que seja dada maior importância a este bioma, visto que o Cerrado é um grande reservatório de carbono e biodiversidade (RIBEIRO et al., 2011). Essa diversidade revela-se também em relação a grande quantidade de espécies potencialmente econômicas, incluindo espécies alimentícias, medicinais e ornamentais (AGUIAR; CAMARGOS, 2004).

Um exemplo de espécie de múltiplo uso, que já vem sendo apreciada comercialmente, é o *Dipteryx alata* Vogel, conhecido popularmente como Baru, leguminosa arbórea de ocorrência comum no Cerrado. É uma das poucas espécies que apresenta frutos com polpa carnosa durante a estação seca, sendo espécie importante para alimentação da fauna nessa época (LORENZI, 2000; SANO et al., 2004).

O plantio de Baru em áreas a serem recuperadas pode trazer benefícios para a conservação da espécie (SANO et al., 2004), que tem recebido maior atenção, pois tem sido reportado que suas castanhas são ricas em proteínas, lipídeos, contém alta concentração de cálcio, ferro e zinco, além de ácidos fenólicos, fitatos e tanino, que podem trazer benefícios à saúde humana (RIBEIRO; RODRIGUES, 2006; OLIVEIRA SOUSA et al., 2011; LEMOS et

al., 2012; SIQUEIRA et al., 2012), podendo também ser utilizada pela fauna, fator adicional para incluí-la em projetos de recuperação de áreas degradadas, pois as plantas zoocóricas atraem animais frugívoros que dispersam as sementes e trazem sementes de outras espécies, auxiliando o enriquecimento da diversidade local (POTT; POTT, 2003).

Pouco se sabe sobre o crescimento e desenvolvimento do *Dipteryx alata*, no entanto, Machado et al. (2014) verificaram que o crescimento inicial do *Dipteryx alata* foi beneficiado pelo cultivo protegido em casa de vegetação e também pela incorporação de resíduo orgânico e fósforo ao solo.

2.2 Áreas degradadas e sua recuperação

Em 1965, na região Noroeste do Estado de São Paulo, divisa com Mato Grosso do Sul, foi estabelecida a Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira (COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO - CESP, 1988), a qual gerou extensas áreas degradadas (áreas de empréstimo), de onde foram removidos a vegetação e os horizontes superficiais do solo, o que resultou, ao longo do tempo, em insignificante regeneração natural mesmo dentro do bioma Cerrado. De acordo Viani, Durigan e Melo (2010), nessas condições de degradação (terraplanagem e cortes), o Cerrado apresenta potencial de regeneração natural médio a lento, salientam também a importância da dispersão zoocórica nesses ecossistemas. A exposição do subsolo se assemelha à degradação observada em áreas mineradas, como descrito por Pedrol et al. (2010), que destaca além de aspectos físicos e químicos também a estética da paisagem.

Nestas áreas os substratos remanescentes, além de estarem desprovidos de atributos físicos e químicos, que permitam a colonização vegetal espontânea, apresentam-se suscetíveis a ação dos processos erosivos, bem como a um conjunto de problemas edáficos (DIAS; GRIFFITH, 1998; VALCARCEL; D'ALTERIO, 1998; RODRIGUES et al., 2007; PEDROL et al., 2010).

A combinação do preparo do solo, o manejo do hábitat e a introdução de espécies nativas permitem gradativamente a entrada de espécies no ecossistema e o retorno de algumas características do sítio original (PRIMACK; MASSARDO, 2001).

A necessidade de agilizar o processo de sucessão ecológica (FRANCÊS; VALCARCEL, 1994), para a minimização dos impactos demanda muitas vezes a implantação de medidas físico-biológicas, que criem condições para melhorar as áreas degradadas em médio prazo. Em áreas de solo degradado, com exposição do subsolo, tem-se buscado a

recuperação por meio da revegetação, o que possibilita a produção de matéria orgânica e a recuperação da comunidade microbiana do solo, que tem papel fundamental nas transformações que equilibram e sustentam os ecossistemas naturais restabelecendo, assim, a inter-relação da vegetação com a morfologia, a química e a biologia do solo (RUIVO, 1993; GARAY et al., 2003).

A revegetação de áreas degradadas no Cerrado, a partir da introdução de espécies nativas, pode trazer vantagens, pois estas já estão adaptadas às condições ambientais presentes e terão maior chance de sobrevivência, transformando o uso de espécies nativas, em uma alternativa promissora (MALTONI; VALÉRIO, 2000; MUNDIM et al., 2006). De acordo com Valcarcel e D' Alterio (1998), o uso da cobertura vegetal, como medida mitigadora de impacto ambiental, é uma opção prática, econômica e coerente.

Para reintrodução de plantas em solos degradados de Cerrado, que apresentam baixa fertilidade natural e demarcado regime pluvial, é necessário utilizar insumos químicos e orgânicos (PEDROL et al., 2010), fazendo-se necessária a busca por alternativas para introdução de insumos orgânicos que melhorem as condições químicas, físicas e biológicas do solo degradado.

2.3 Utilização de Resíduos

Resíduos podem representar alternativas viáveis na substituição de insumos, resíduo orgânico caso de macrófitas aquáticas e resíduo agroindustrial, cinza de caldeira, da produção de açúcar e álcool.

As macrófitas são removidas de unidades geradoras em Usinas Hidrelétricas (VELINI, et al., 2005), e demandam adequada deposição, em acordo com legislação vigente (POMPÊO, 2008), que cita o descarte em aterro sanitário, o uso como ração animal, com considerações sobre riscos à saúde animal, e o emprego como fertilizante, que segundo Guimarães (2000) deve ser precedido de preparo, que dura de 60 a 120 dias, podendo ser utilizado como condicionante orgânico.

A cinza, oriunda da queima do bagaço de cana-de-açúcar em caldeiras, durante o processo de produção de açúcar e álcool, tem assumido lugar de destaque, devido ao uso por várias usinas do setor sulcroatcooleiro, na região Noroeste do Estado de São Paulo, que vem se convertendo em grande produtora de cana de açúcar, conseqüentemente, grande produtora

de açúcar, de álcool e de resíduos como bagaço, palha da cana e cinza do bagaço (FREITAS, 2005).

De acordo com Brunelli (2006) a utilização da cinza como insumo no processo produtivo agrícola é ambiental e economicamente viável, pois possibilita alta capacidade de retenção de água, melhorando o desenvolvimento da cultura além de ser fonte de macro e micronutrientes, consequentemente, é capaz de corrigir o teor de acidez do solo, onde uma tonelada de cinza equivale a 0,5 toneladas de calcário.

Feitosa et al. (2009) verificaram resultados positivos da utilização deste tipo de cinza na produção do milho, observando que doses equivalentes a 90 t ha⁻¹ resultaram em produção de biomassa próxima à produção observada com adubação convencional, sinalizando a possibilidade de uso desta na substituição, ao menos parcial, da adubação convencional.

Para melhorar as condições da área de empréstimo com subsolo exposto Rodrigues et al. (2007) citam a necessidade de melhorar as condições químicas e físicas deste subsolo. Pulleman et al. (2008) ressaltam também a importância da inter-relação entre as funções físicas e biológicas do solo, com o balanço de nutrientes e da água, bem como o entendimento do solo como um recurso vivo que se renova em situações ideais de manejo, que preconizam a proteção do solo, o fornecimento ou preservação da matéria orgânica, o estímulo às funções microbianas no solo, proporcionando condições ideais ao crescimento das raízes.

Há uma grande variedade de resíduos orgânicos e agroindustriais que podem ser reutilizados. Um fator determinante para a utilização é a disponibilidade destes no local. As macrófitas aquáticas tem se tornado problema para usinas na geração de energia, e a cinza oriunda da queima da cana-de-açúcar, subproduto da fabricação do álcool. Ambos são ricos em nutrientes, mas, geralmente, são vistos como simples resíduos ou materiais de descarte (SANTOS, 2013).

2.4 Qualidade das mudas e plantas utilizadas em recuperação de áreas

Para que um processo de revegetação seja bem sucedido, além de melhorar as condições edáficas da área a ser revegetada, é necessário selecionar espécies adequadas às condições ambientais, pois de acordo com Melotto et al. (2009), o ambiente influencia a adaptação e a sobrevivência de mudas a campo, bem como obter mudas de boa qualidade (DURYEA, 1984; MEXAL; LANDIS, 1990), o que vem sendo avaliado por meio de parâmetros morfológicos e fisiológicos, dentre estes o estado nutricional (CARNEIRO, 1995),

que pode contribuir para o sucesso da revegetação, no entanto este e outros parâmetros têm sido de difícil análise quando se trata de espécies arbóreas nativas do Cerrado, devido à lacuna existente na literatura para estas espécies e espécies brasileiras no geral (SCHUMACHER et al., 2004).

Haridasan (2008) produz reflexões sobre este tema, quando cita que, embora os conceitos de deficiência e toxidez estejam bem estabelecidos para plantas cultivadas, estes não devem ser extrapolados indiscriminadamente às espécies nativas em seu ecossistema natural.

A análise dos teores de nutrientes foliares tem se mostrado bom indicador do estresse nutricional para várias espécies, especialmente por comparação de plantas com pouco e ótimo suprimento de nutrientes (MALAVOLTA, 1997).

A ampla diversidade de espécies florestais nativas, apresentando comportamentos nutricionais distintos (SIQUEIRA et al., 1995), torna a aquisição de informações sobre a necessidade nutricional e resposta à fertilização fundamental para o êxito dos projetos de reflorestamento.

A produção de mudas é uma das fases de maior importância nos projetos de revegetação, tanto para fins comerciais, quanto ambientais. Mudas de espécies florestais de boa qualidade, com nutrição e substratos adequados, são essenciais para assegurar a adaptação e crescimento das mudas após a introdução no campo (GONÇALVES et al., 2000).

3 OBJETIVOS

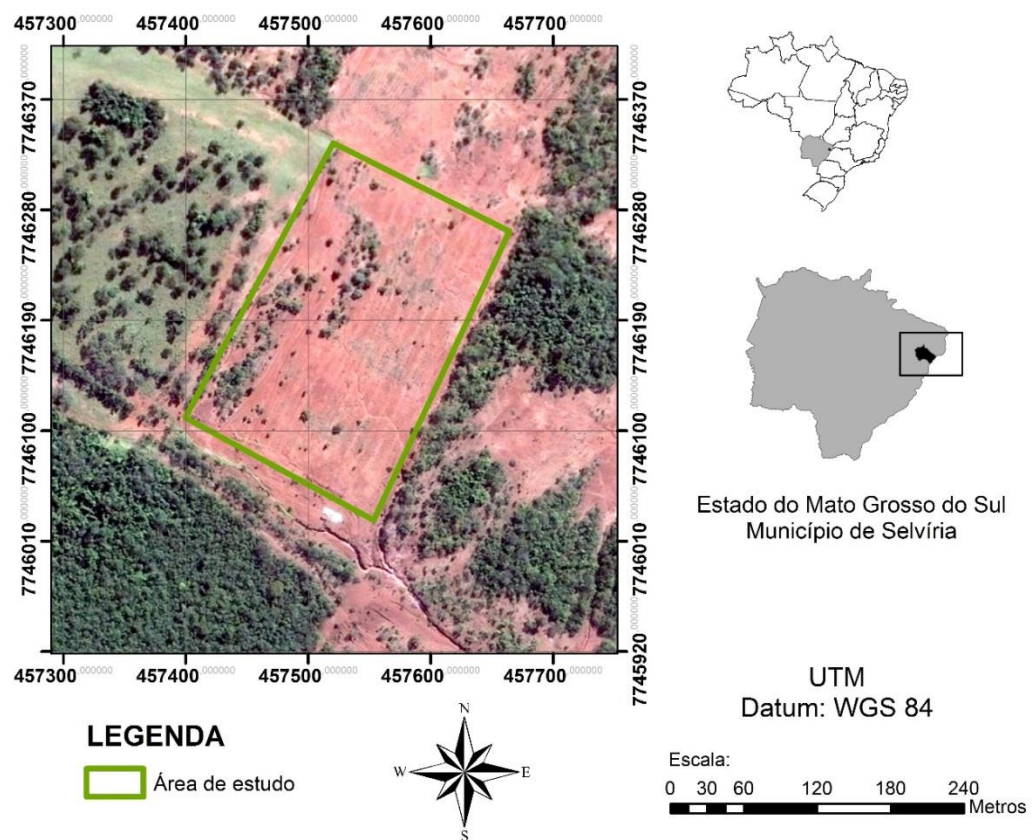
Diante do exposto, propõe-se avaliar o estado nutricional de *Dipteryx alata* em solo degradado, em processo de recuperação com incorporação de resíduos (orgânico e agroindustrial), comparativamente às mudas coletadas no Cerrado conservado, a fim de verificar a qualidade das mudas introduzidas em termos de nutrição e crescimento na área experimental degradada, bem como verificar a influência dos resíduos utilizados em relação aos atributos químicos do solo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Em novembro de 2011, instalou-se na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia – UNESP/*Campus* de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, MS, uma área experimental para a realização do projeto: “Utilização de resíduos da agroindústria e de atividades hidrelétricas na recuperação de áreas de empréstimo: Revegetação com espécies nativas de Cerrado e constituição de horizonte superficial no subsolo exposto”, financiado pelo CNPq (Número do processo: 561842/2010-8 Edital/Chamada: Edital 26/2010).

Esta área experimental é contínua, com 34.000 m² ou 3,4 ha, está localizada à margem esquerda do Rio Paraná, a jusante da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, sob Latitude 20° 23’ 02” Sul e Longitude 51° 24’ 24” Oeste (Figura 1).

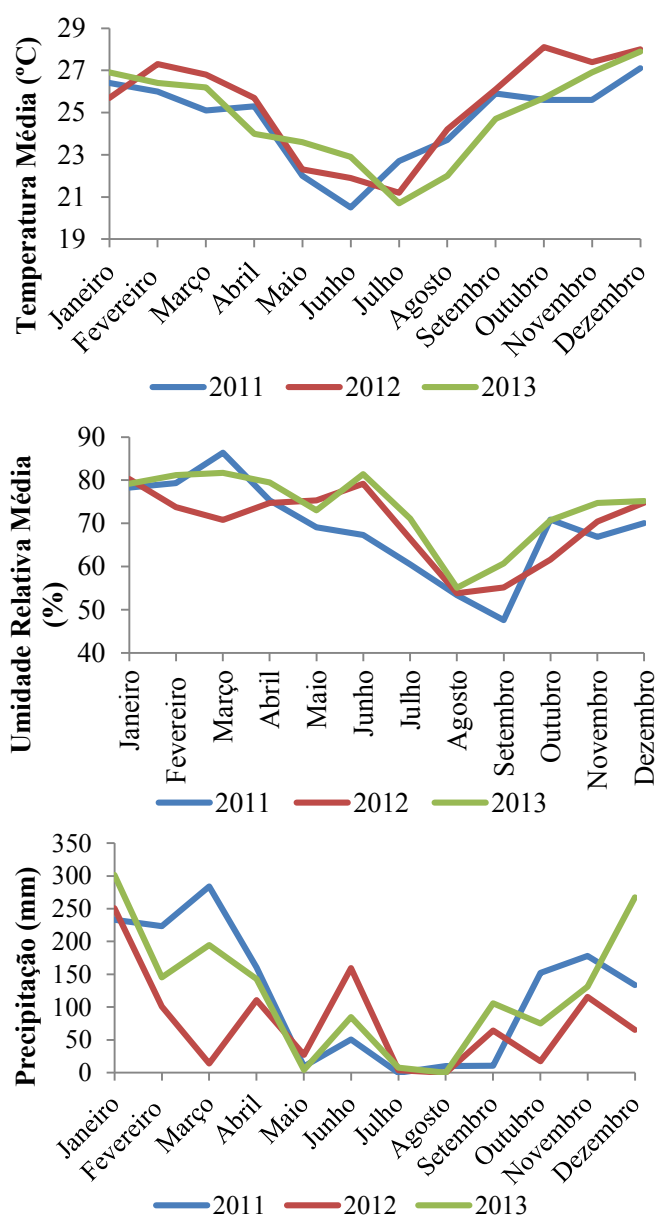
Figura 1 - Mapa de localização da área experimental, na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.



Fonte: Unesp (2011)

A altitude média na região é de 335 m, o clima foi classificado como Aw (clima tropical com estação seca no inverno), segundo classificação de Köppen, com temperatura média anual de 23,7°C e precipitação média anual de 1.300 mm, mais informações sobre temperatura, precipitação e umidade relativa estão apresentadas nas Figuras 2. O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2006). A caracterização inicial do solo na área encontra-se no Apêndice A.

Figura 2 - Gráficos de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação médios dos anos de 2011, 2012 e 2013.



Fonte: Unesp (2015)

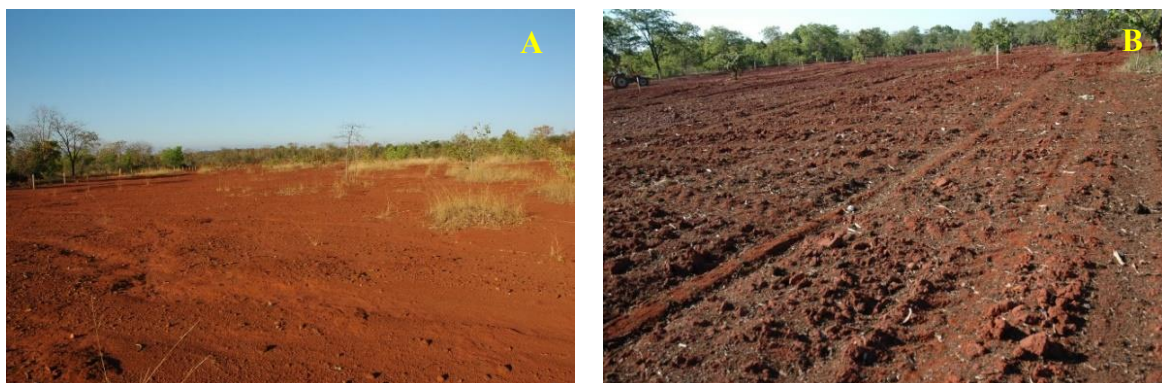
O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 3x4, sendo 3 doses de resíduo orgânico - macrófitas aquáticas (RO) e 4 doses de resíduo agroindustrial - cinza oriunda da queima do bagaço da cana-de-açúcar (RA). As doses de resíduo orgânico utilizadas foram 0, 16 e 32 t ha⁻¹ e as de resíduo agroindustrial foram 0, 15, 30 e 45 t ha⁻¹, que combinadas, produziram 12 tratamentos com 03 repetições, estabelecidos em 36 parcelas, as combinações geradas encontram-se no Apêndice B (Figuras 3 e 4).

As macrófitas aquáticas (*Egeria densa*, *Egeria najas* e *Ceratophyllum demersum*) utilizadas foram coletadas na Usina Hidrelétrica de Jupia em Três Lagoas/MS, sua caracterização química encontra-se no Apêndice B. Estas permaneceram expostas ao sol durante 120 dias e foram incorporadas ao solo degradado.

A cinza oriunda da queima do bagaço da cana-de-açúcar foi coletada na caldeira da Usina Alcoolvale: açúcar e álcool S.A., em Aparecida do Taboado/MS, cuja caracterização química localiza-se no Apêndice C. Esta permaneceu exposta ao sol por 120 dias e foi incorporada no subsolo exposto.

Em fevereiro/2012 foram introduzidas na área experimental mudas de 10 espécies de ocorrência no Cerrado da região, com plantio conduzido em covas (0,40 m de profundidade), com espaçamento de 4,0 x 5,0 m, sendo 1080 o número de mudas utilizadas, onde cada parcela do experimento recebeu três indivíduos de cada espécie. As espécies selecionadas estão presentes em áreas remanescentes de cerrado, próximas a área onde foi implantado o experimento. Dentre as espécies escolhidas, está o Barú (*Dipteryx alata*), cujas mudas apresentavam entre 20 e 30 cm de altura quando introduzidas (Figura 3).

Figura 3 - Imagens produzidas em novembro de 2011 na área experimental na FEPE - UNESP/Campus de Ilha Solteira. A: antes da incorporação dos resíduos. B: após a incorporação dos resíduos.



Fonte: Unesp (2011)

Figura 4 - Locais de coleta. A: área experimental. B: remanescentes de Cerrado.



Fonte: Google Earth (2015).

As mudas de *Dipteryx alata* foram provenientes de sementes. Estas foram coletadas nas proximidades da área e passaram por tratamento pré-germinativo adequado à espécie (SALOMÃO et al., 2003) e foram colocadas para germinar em sacos para mudas com substrato composto pelo solo da área em estudo e cinza, misturados na proporção 1:3 (solo:cinza). Após 08 meses as mudas foram consideradas aptas para ir ao campo. Após 30 dias, as mudas que não sobreviveram foram substituídas.

As mudas de introduzidas nos tratamentos foram avaliadas quanto à altura da planta e diâmetro do caule (CARNEIRO, 1995) e o estado nutricional (MALAVOLTA et al., 1997) em Fevereiro de 2013. Coletaram-se 2 a 3 folhas (recém-maduras) de *D. alata* em cada espécime, formando uma amostra composta por parcela experimental.

A fertilidade do solo da área foi avaliada no mesmo período (Fevereiro/2013) de acordo com Raij et al. (2001), com amostras coletadas na profundidade de 0,0 a 0,20 m, com 3 repetições por tratamento, isto é, em cada parcela experimental foi coletada uma amostra composta (05 amostras simples), produzindo um total de 36 amostras compostas.

Cabe ressaltar, que embora em período chuvoso decidiu-se pela irrigação inicial das mudas, para evitar morte durante possível estiagem, essa irrigação foi semanal desde o plantio, em fevereiro de 2012, até outubro de 2012.

Para a comparação dos teores nutricionais, foram coletadas 5 amostras de mudas de Baru (cada amostra composta de 3 subamostras – mudas inteiras) e solo em remanescente de Cerrado (Figura 2). As folhas, coletadas em fevereiro de 2014, foram secas e submetidas à análise dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn de acordo com (MALAVOLTA et al., 1997).

Em cada ponto de coleta das mudas, coletou-se também solo, com 3 repetições, na profundidade de 0,0 a 0,20 m, para determinação de P, MO, pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al, Cu, Fe, Mn e Zn de acordo com Raij et al. (2001).

As análises nutricionais das mudas foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas e as análises de fertilidade do solo no Laboratório de Fertilidade do Solo, ambos do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

Os dados foram avaliados por meio de análises de variância, teste de média Tukey a 5% de probabilidade e análise de regressão, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), e as análises de correlação foram realizadas no software SAS (1999).

Figura 5 - Baru (*Dipteryx alata*) na área experimental, muda com 24 meses.



Fonte: Próprio autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise comparativa das mudas de *Dipteryx alata*, mudas da área experimental e mudas coletadas no Cerrado conservado, apresentou semelhantes teores foliares de Ca, Mg, S e Cu, mostrando que os resíduos aplicados ao solo forneceram estes nutrientes (Tabela 1).

Os teores de N, P e K foram superiores nas mudas obtidas no Cerrado em relação às que receberam os tratamentos (Tabela 1), mas indicam alguma influência dos resíduos no fornecimento destes macronutrientes primários.

B, Fe, Mn e Zn apresentaram menores teores foliares nas mudas coletadas no Cerrado conservado, no caso do Mn a concentração foliar nas mudas encontradas na área experimental é muito maior e varia aleatoriamente entre os tratamentos, não indicando tendências.

Os resíduos aplicados (RO e RA) contribuíram para aumentar os teores de N foliar, apenas nos tratamentos onde se introduziu RO na dose de 16 t ha^{-1} , no entanto é menor que os teores obtidos nas mudas coletadas no Cerrado. Chama a atenção o fato da dose de 16 t ha^{-1} ter sido, para o N, melhor do que a dose de 32 t ha^{-1} sugerindo que o *Dipteryx alata* não é tão exigente em N (Tabela 2).

Segundo Malavolta (1980), $14 \text{ a } 16 \text{ g kg}^{-1}$ de N é o teor foliar mínimo adequado para essências florestais, como o eucalipto, valor não alcançado apenas pela combinação de 32 t ha^{-1} de RO e 15 t ha^{-1} . Duboc e Guerrini (2008) encontraram teores de N próximos a 15 g kg^{-1} para diversas espécies de Cerrado, como *Astronium fraxinifolium*, *Anadenanthera falcata* e *Copaifera langsdorfii*.

Os teores foliares de P das plantas coletadas no Cerrado, embora baixos, foram superiores às demais, indicando ao mesmo tempo, baixa exigência em P pela espécie, insuficiência de P disponível no solo do Cerrado e na área experimental, além da constatação de que os resíduos utilizados não contribuíram para incrementos de P no solo e na planta (Tabelas 2 e 3). A maioria dos solos do Cerrado possui elevada acidez e baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente P, que pode ser responsável pelo menor desenvolvimento das plantas (FURTINI NETO et al., 1999). Como o solo não foi corrigido, por meio de calagem e apresenta pH baixo, parte do P proveniente dos resíduos pode ter sido fixado pelos óxidos do solo.

Tabela 1 - Valores médios dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn para mudas de *Dipteryx alata*, por tratamento (área experimental) e em campo (remanescentes de Cerrado), bem como valores de F e coeficiente de variação (CV).

Trat.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu [#]	Fe	Mn	Zn [#]
	----- (g kg ⁻¹) -----						----- (mg kg ⁻¹) -----				
RO00 + RA00	16,4 b	0,9 b	4,7 b	4,4	1,1 ab	1,6	32,3 abcd	4,3	275,7 ab	791,3 a	39,0ab
RO00 + RA15	17,5 b	1,0 b	6,0 b	3,4	1,5 ab	1,7	58,2 abc	14,0	307,5 ab	772,3 a	81,7ab
RO00 + RA30	18,0 b	1,1 b	5,3 b	3,6	1,3 ab	1,4	27,2 bcd	11,3	186,0 ab	674,0 a	45,0ab
RO00 + RA45	18,0 b	1,0 b	6,3 ab	3,1	1,0 b	1,2	32,5 abcd	10,0	166,3 ab	591,3 ab	72,0ab
RO16 + RA00	20,3 ab	0,9 b	4,7 b	3,5	1,5 ab	1,4	37,7 abc	10,0	192,3 ab	650,7 ab	29,0ab
RO16 + RA15	19,6 ab	0,9 b	6,7 ab	3,1	1,1 ab	1,3	28,0 bcd	16,3	144,7 ab	610,7 ab	122,7a
RO16 + RA30	18,2 b	0,9 b	4,0 b	2,9	1,3 ab	1,5	45,9 ab	11,5	640,3 a	864,5 a	104,5ab
RO16 + RA45	19,6 ab	1,1 b	6,7 ab	2,5	1,0 b	1,2	25,3 bcd	7,0	108,0 ab	414,0 ab	50,7ab
RO32 + RA00	15,4 b	0,8 b	4,0 b	2,5	1,2 ab	1,6	34,1 abc	9,7	116,3 ab	619,0 ab	39,0ab
RO32 + RA15	14,8 b	0,6 b	4,7 b	2,5	1,0 ab	1,2	49,2 a	8,0	145,6 ab	572,0 ab	62,3ab
RO32 + RA30	17,5 b	1,1 b	6,7 ab	3,9	1,0 ab	1,2	23,6 cd	22,0	252,7 ab	748,0 a	104,0ab
RO32 + RA45	18,2 b	1,1 b	7,3 ab	2,9	1,1 ab	1,2	12,7 d	29,0	189,0 ab	530,7 ab	103,0ab
MCC	26,4 a	1,8 a	10,5 a	3,6	1,6 a	1,5	43,8 abc	7,0	73,8 c	138,4 b	23,0b
Valor de F	5,787**	7,929**	6,070**	1,190 ^{ns}	4,083**	1,473 ^{ns}	6,331**	1,192 ^{ns}	13,252**	3,538**	3,239**
CV %	13	20	23	28	16	18	21	37	34	34	26

#Dados transformados para $\sqrt{(x+0,5)}$. Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, por fonte de variação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

^{ns}=valores não significativos; ** e * = valores significativos para $P \leq 0,01$ e $\leq 0,05$, respectivamente. RO = resíduo orgânico; RA = resíduo agroindustrial; MCC = mudas coletadas em campo.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 2 - Valores médios dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn para mudas de *Dipteryx alata*, por tratamento (área experimental), valores de F e coeficiente de variação (CV).

FV	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- (g kg ⁻¹) -----						----- (mg kg ⁻¹) -----					
Blocos (BL)											
1	17,6	0,9	5,5	3,2	1,2	1,5	34,1	7,4	242,1	611,7	56,4
2	17,0	0,9	5,4	2,9	1,1	1,3	28,9	16,7	203,5	584,2	90,7
3	18,7	1,0	5,8	3,5	1,2	1,3	33,6	14,1	235,4	763,7	66,1
Macrófita (RO)											
0 t ha ⁻¹	17,4 ab	1,0	5,6	3,6	1,2	1,5	32,6	9,9	233,9	707,2	59,4
16 t ha ⁻¹	19,4 a	0,9	5,5	3,0	1,2	1,4	34,2	11,2	271,3	634,9	76,7
32 t ha ⁻¹	16,5 b	0,9	5,7	3,0	1,1	1,3	29,9	17,1	175,9	617,4	77,1
Cinza (RA)											
0 t ha ⁻¹	17,3	0,9	4,4	3,5	1,3	1,5	34,7	8,0	194,8	687,0	35,7
15 t ha ⁻¹	17,3	0,8	5,8	3,0	1,2	1,4	38,5	12,8	199,2	651,7	88,9
30 t ha ⁻¹	17,8	1,0	5,3	3,4	1,2	1,4	32,3	14,9	359,6	762,2	84,5
45 t ha ⁻¹	18,6	1,1	6,8	2,8	1,0	1,2	23,5	15,3	154,4	512,0	75,2
Valores de F											
BL	1,741 ^{ns}	0,895 ^{ns}	0,460 ^{ns}	1,345 ^{ns}	0,427 ^{ns}	1,100 ^{ns}	2,280 ^{ns}	2,091 ^{ns}	0,885 ^{ns}	2,794 ^{ns}	2,763 ^{ns}
RO	5,014*	0,697 ^{ns}	0,047 ^{ns}	1,907 ^{ns}	1,523 ^{ns}	1,226 ^{ns}	1,337 ^{ns}	1,366 ^{ns}	4,802*	0,678 ^{ns}	0,904 ^{ns}
RA	0,628 ^{ns}	3,207*	4,795*	1,062 ^{ns}	2,244 ^{ns}	2,394 ^{ns}	8,526**	0,778 ^{ns}	12,816**	2,465 ^{ns}	3,925*
ROxRA	0,811 ^{ns}	1,081 ^{ns}	1,808 ^{ns}	1,061 ^{ns}	3,045*	1,051 ^{ns}	8,067**	1,130 ^{ns}	11,745**	0,698 ^{ns}	1,803 ^{ns}
CV(%)	13	20	24	29	17	18	20	90	33	31	52

Médias observadas apresentadas seguidas de mesma letra, nas colunas, por fonte de variação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. ^{ns}=valores não significativos; ** e * = valores significativos para $P \leq 0,01$ e $\leq 0,05$, respectivamente. RO = resíduo orgânico; RA = resíduo agroindustrial.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 3 - Equações de regressão e valores de R^2 , para teores foliares de P, K e Zn, em função das doses do resíduo agroindustrial (RA), do *Dipteryx alata*.

Cinza (RA)	R ²	P máx
P		
$\hat{y} = 0,754 + 0,0780x$ $t = 9,876^{**} \quad 2,786^*$	0,8128	
K		
$\hat{y} = 3,944 + 0,655x$ $t = 7,268^{**} \quad 3,308^{**}$	0,7609	
Zn		
$\hat{y} = -35,625 + 89,552x - 15,625x^2$ $t = -1,044^{ns} \quad 2,877^{**} \quad -2,550^{**}$	0,9214	21,49 t ha ⁻¹

^{ns}=valores não significativos; ** e * = valores significativos para $P \leq 0,01$ e $\leq 0,05$, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

Xu-Jian et al. (2012) verificaram que os resultados da extração química convencional dos nutrientes disponíveis no solo, no caso do P, foram significativamente correlacionados com os teores de P absorvidos pelas plantas, o que corrobora com os dados de P deste trabalho, onde as mudas apresentaram teores de P próximos aos valores encontrados no solo

(Tabelas 1, 4 e 5), uma vez que o P é um elemento pouco móvel no solo (NOVAIS; SMYTH; NUNES, 2007).

Tabela 4. Valores médios para P, MO, pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al, CTC, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn do solo, por tratamento (área experimental) e em campo (remanescentes de Cerrado), bem como valores de F e coeficientes de variação (CV). Fevereiro/2013 Selvíria-MS.

Trat.	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al [#]	B	Cu [#]	Fe [#]	Mn [#]	Zn [#]
	(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)	----- (mmol _c dm ⁻³) -----					----- (mg dm ⁻³) -----				
RO00 + RA00	1,0b	1,2b	4,3b	0,4c	1,3d	1,3b	28,0ab	9,3a	0,1b	0,6a	2,0b	12,5b	0,1a
RO00 + RA15	1,0b	1,2b	4,4ab	0,6bc	3,7bcd	2,6b	25,0bc	4,7abc	0,1b	0,6a	2,7b	11,8b	0,1a
RO00 + RA30	1,0b	1,2b	4,4ab	0,5bc	4,6bcd	1,7b	25,3bc	4,7abc	0,1b	0,6a	2,0b	11,1b	0,1a
RO00 + RA45	1,0b	1,2b	4,8a	1,1abc	8,7ab	3,7ab	20,3c	2,0c	0,1b	0,6a	2,3b	10,1b	0,1a
RO16 + RA00	1,0b	1,2b	4,3ab	0,6bc	2,3cd	1,6b	28,0ab	9,3ab	0,1b	0,8a	3,0ab	14,1b	0,2a
RO16 + RA15	1,0b	1,2b	4,4ab	0,6bc	4,3bcd	4,0ab	26,3bc	6,3abc	0,1b	0,7a	2,3b	11,4b	0,2a
RO16 + RA30	1,0b	1,2b	4,6ab	1,0abc	5,7abcd	3,0b	23,0bc	4,3abc	0,1b	0,7a	3,3ab	11,8b	0,1a
RO16 + RA45	1,0b	1,2b	4,7ab	1,2abc	8,3ab	3,3b	21,7bc	2,7c	0,1b	0,6a	2,7ab	10,8b	0,1a
RO32 + RA00	1,0b	1,2b	4,4ab	0,8abc	4,3bcd	2,3b	26,0bc	5,3abc	0,1b	0,6a	2,3b	10,3b	0,2a
RO32 + RA15	1,0b	1,2b	4,5ab	0,9abc	3,7bcd	2,6b	25,0bc	4,7abc	0,1b	0,7a	2,7ab	13,1b	0,3a
RO32 + RA30	1,0b	1,2b	4,8a	1,5a	8,7ab	4,3ab	21,0bc	1,7c	0,1b	0,7a	3,7ab	9,9b	0,1a
RO32 + RA45	1,0b	1,2b	4,6ab	1,3ab	7,3abc	3,7ab	21,7bc	3,3bc	0,1b	0,6a	2,0b	10,9b	0,3a
SCC	2,6a	1,7a	4,7ab	1,0abc	10,6a	8,2a	34,4a	2,8c	0,2a	2,1a	64,6a	34,4a	0,5a
Valor de F	8,195**	82,283**	3,598**	4,399**	7,772**	4,951**	8,487**	5,121**	17,412**	2,138*	45,849**	4,658**	2,239*
CV %	28	8	4	33	32	19	10	19	14	17	22	17	11

#Dados transformados para $\sqrt{(x+0,5)}$. Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, por fonte de variação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

^{ns}=valores não significativos; ** e * = valores significativos para $P \leq 0,01$ e $\leq 0,05$, respectivamente. RO = resíduo orgânico; RA = resíduo agroindustrial. SCC = solo coletadas no Cerrado.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 5 - Matriz de correlação linear simples entre nutrientes foliares das mudas e atributos químicos do solo.

	Nutrientes da Muda											Atributos Químicos												
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Nutrientes da Muda	N	1,000																						
	P	0,45024**	1,000																					
	K	0,14049**	0,54726**	1,000																				
	Ca	0,19579**	0,15055**	-0,25273**	1,000																			
	Mg	0,24107**	0,28135**	-0,14735**	0,18512**	1,000																		
	S	-0,08361**	-0,00794**	-0,44659**	0,45633**	0,41180*	1,000																	
	B	-0,18053**	-0,38584*	-0,41087*	-0,09282**	0,09203**	0,13995**	1,000																
	Cu	0,23867**	0,53888**	0,37001*	-0,01527**	0,09239**	-0,14968**	-0,39700*	1,000															
	Fe	-0,01048**	0,04622**	-0,15513**	0,05673**	0,15766**	0,27547**	0,36816*	-0,13960**	1,000														
	Mn	0,13558**	0,14269**	-0,12924**	0,45260**	0,36935*	0,23490**	0,09689**	0,05814**	0,30437**	1,000													
	Zn	0,18651**	0,17188**	0,25060**	-0,07438**	-0,08457**	-0,35728*	-0,24027**	0,60348**	0,05120**	0,12948**	1,000												
Atributos Químicos	P																							
	MO	0,13004**	-0,06150**	-0,12617**	0,08884**	0,25989**	0,27511**	0,19288**	-0,19118**	0,18779**	0,16836**	-0,07093**	1,000											
	pH	-0,14639**	0,17139**	0,32656**	-0,13253**	-0,35308*	-0,20537**	-0,18697**	0,07288**	0,06406**	-0,45235**	0,10176**	-0,0367**	1,000										
	K	-0,05119**	0,13262**	0,35532**	-0,17808**	-0,39005*	-0,30871**	-0,14541**	0,16050**	0,05146**	-0,40121*	0,19498**	0,02692**	0,83782**	1,000									
	Ca	-0,02972**	0,22080**	0,34577*	-0,15997**	-0,34953*	-0,31127**	-0,38787*	0,17337**	-0,09269**	-0,35940*	0,22933**	0,00965**	0,86029**	0,81726**	1,000								
	Mg	-0,03767**	0,04338**	0,25934**	-0,10593**	-0,20831**	-0,05658**	-0,20943**	0,01914**	0,05243**	-0,41088*	0,07620**	0,19440**	0,69608**	0,68328**	0,67269**	1,000							
	H+Al	-0,07833**	-0,26289**	-0,25118**	0,14942**	0,22536**	0,25189**	0,22236**	-0,16891**	-0,06428**	0,40266**	-0,18786**	0,15148**	-0,85480**	-0,78873**	-0,82091**	-0,70631**	1,000						
	Al	0,14266**	-0,20698**	-0,28696**	0,13736**	0,23394**	0,26656**	0,20287**	-0,20044**	0,03247**	0,27469**	-0,27011**	0,09267**	-0,81294**	-0,68192**	-0,80896**	-0,56053**	0,85062**	1,000					
	B	0,24120**	-0,22526**	-0,22890**	0,02962**	0,00569**	0,22458**	0,20887**	-0,09738**	0,14415**	0,15676**	0,06549**	0,31119**	-0,57003**	-0,36488**	-0,51644**	-0,28668**	0,56377**	0,67634**	1,000				
	Cu	0,10177**	-0,06922**	-0,15135**	0,16004**	0,14156**	0,18088**	0,46867**	-0,28320**	0,24455**	0,11363**	-0,27194**	0,66886**	-0,12392**	-0,05825**	-0,21806**	-0,04705**	0,29574**	0,27107**	0,30945**	1,000			
	Fe	-0,14118**	-0,04232**	-0,03810**	0,03261**	0,12115**	0,20747**	0,20032**	-0,20631**	0,42448**	-0,09190**	-0,01894**	0,52073**	0,45455**	0,41017**	0,25731**	0,41228**	-0,26411**	-0,18864**	0,04315**	0,41307**	1,000		
	Mn	0,08299**	-0,27361**	-0,40075**	0,09664**	0,21897**	0,20540**	0,39283**	-0,24607**	0,08344**	0,02578**	-0,24761**	0,42361**	-0,42785**	-0,26383**	-0,43227**	-0,23048**	0,32636**	0,45000**	0,42319**	0,55404**	0,14729**	1,000	
	Zn	-0,32296**	-0,38194*	-0,19692**	-0,30110**	-0,09429**	-0,05866**	0,10327**	-0,18697**	-0,13400**	-0,46404**	-0,14968**	-0,0668**	0,16323**	0,32868**	0,13233**	0,28143**	-0,24717**	-0,10635**	-0,11874**	0,00000**	0,10266**	0,25250**	1,000

ns=valores não significativos; ** e * = valores significativos para $P \leq 0,01$ e $\leq 0,05$, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

A aplicação de RA proporciona incrementos lineares significativos de P foliar ($\hat{y} = 0,754 + 0,0780x$), no entanto os ganhos indicados se mostram incipientes, devido a possível fixação de P no solo, reduzindo a disponibilidade deste para a planta. Diferente do K foliar que varia de 4,4 a 6,8, entre a menor e a maior dose de RA, respectivamente (Tabela 2 e 3).

A cada 15 t ha⁻¹ de RA adicionados ocorrem incrementos foliares de K da ordem de 9,825 mg kg⁻¹ de biomassa. Embora com concentração foliar menor do que nas mudas de Cerrado conservado, existe uma tendência de aumento na [K] foliar nas doses de 45 t ha⁻¹ de RA aplicado, indicando contribuição deste para o K foliar. Vargas (2011) verificou que a incorporação de cinzas de lenha da indústria cerâmica no solo pode trazer benefícios à fertilidade deste, bem como, às condições de cultivo, promovendo incrementos no pH do solo e a redução dos níveis de Al, auxiliando no aumento da disponibilidade de outros elementos, como o K, para as plantas.

O Cálcio foliar das mudas introduzidas na área é semelhante ao observado nas mudas do Cerrado conservado, mostrando baixa exigência em Ca pela planta e que os resíduos aplicados não influenciaram o comportamento do Ca foliar (Tabela 1).

As variações observadas na [Mg] foliar (Tabela 2 e 6), embora significativas, são incipientes, e indicam que na presença de RA o teor foliar de Mg varia entre a menor e a maior dose de RO. A concentração de Mg foliar se comparado à de outras plantas, se mostra muito baixa. Duboc e Guerrini (2008) verificaram teores foliares de Mg em diversas espécies de Cerrado, todos maiores do que os encontrados neste trabalho, demonstrando insuficiência no suprimento deste elemento.

A [Mg] foliar está fortemente relacionada ao P e ao pH do solo. Baixas [P] do solo promovem baixa absorção de Mg, resultando em baixa concentração de Mg foliar (SANTOS, 2006). Além disso, o aumento no fornecimento e absorção de K induzem também, uma menor absorção de Mg.

O coeficiente de variação determinado estatisticamente mostra grande variabilidade dos dados para os micronutrientes, e na comparação com os valores obtidos nos tratamentos com as mudas em ambiente conservado (Tabelas 1 e 2).

A aplicação de 0 e 16 t ha⁻¹ de RO, combinadas com doses de RA, que variam de 0 a 45 t ha⁻¹ não propiciaram efeitos significativos para [B] foliar. No entanto, na dose de 32 t ha⁻¹ de RO a aplicação de RA induziu a redução nos teores de B na planta (Tabela 6). O teor de Boro decresce significativamente com os incrementos na dose de RA, apenas na presença de 32 t ha⁻¹ de RO.

Tabela 6 - Desdobramentos da interação resíduo orgânico (RO) e agroindustrial (RA) incorporados ao solo, para os teores foliares de Mg, B e Fe de mudas de Baru.

RO	0 t ha ⁻¹	RA			Valor de F	Equações de Regressão	R ²
		15 t ha ⁻¹	30 t ha ⁻¹	45 t ha ⁻¹			
----- Mg (g kg ⁻¹) -----							
0 t ha ⁻¹	1,1	1,5a	1,4	1,0	4,246*	$\hat{y} = 0,3666 + 0,9466x - 0,2000x^2$ t = 1,115 ^{ns} 3,155** -3,386**	0,9800
16 t ha ⁻¹	1,2	1,1ab	1,3	1,0	3,670*	$\hat{y} = 1,556 - 0,134x$ t = 10,759** -2,536*	0,8421
32 t ha ⁻¹	1,5	1,0b	1,0	1,1	0,417 ^{ns}	$\hat{y}^{ns}$	
F	3,210 ^{ns}	4,651*	2,043 ^{ns}	0,753 ^{ns}			
----- B (mg kg ⁻¹) -----							
0 t ha ⁻¹	32,3	38,2ab	27,2b	32,4a	1,417 ^{ns}	$\hat{y}^{ns}$	
16 t ha ⁻¹	34,1	28,0b	45,9a	25,3ab	6,252**	$\hat{y}^{ns}$	
32 t ha ⁻¹	37,7	49,2a	23,6b	12,7b	16,990**	$\hat{y} = 52,333 - 8,974x$ t = 11,316** -5,314**	0,5541
F	0,519 ^{ns}	7,903**	10,056**	7,058**			
----- Fe (mg kg ⁻¹) -----							
0 t ha ⁻¹	275,7	307,5a	186,0b	166,3	2,427 ^{ns}	$\hat{y}^{ns}$	
16 t ha ⁻¹	192,3	144,6ab	640,7a	108,0	32,055**	$\hat{y} = -21,5083 + 148,6350x - 23,2250x^2$ t = -0,176 ^{ns} 1,334 ^{ns} -1,059 ^{ns}	0,7065
32 t ha ⁻¹	116,3	145,6ab	252,7b	189,0	1,824 ^{ns}	$\hat{y}^{ns}$	
F	3,299 ^{ns}	4,568*	31,263**	0,907 ^{ns}			

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, por fonte de variação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. ^{ns}=valores não significativos; ** e * = valores significativos para P ≤ 0,01 e ≤ 0,05, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

Apenas a combinação entre as maiores doses de RO e RA proporcionaram teor foliar de B abaixo de 20 mg kg⁻¹, valor considerado mínimo para este elemento, em cultivo de eucalipto (MATTIELLO et al., 2009). Epstein e Bloom (2006) afirmam que a [B] nos tecidos das plantas apresentam grande variabilidade, para plantas superiores, valores entre 5 a 300 mg kg⁻¹ podem ser encontrados, mesmo sem sintomas de toxidez.

Apesar da baixa disponibilidade de B nos solos do Cerrado, Duboc e Guerrini (2008) também encontraram valores elevados para este elemento em diversas espécies nativas, tanto em Cerrado denso como em Mata de Galeria. Nota-se neste trabalho, tanto na área experimental como no Cerrado conservado, baixos teores de B no solo (0,1 e 0,2 mg dm⁻³, respectivamente) e altas concentrações nas folhas, o que carece de informações na literatura.

Verifica-se que a adição combinada dos resíduos elevou os conteúdos foliares de Cu na planta de modo variável, porém não significativo estatisticamente (Tabelas 1 e 2).

A [Fe] foliar apresentou comportamento muito variável em relação às doses de RO aplicadas. Na ausência de RO o Fe foliar diminui quando as doses de RA aumentam, comportamento semelhante se observa nas doses 16 t ha⁻¹ e oposto na dose 32 t ha⁻¹. Os teores de Fe disponíveis no solo não se correlacionam com a quantidade absorvida pelas plantas (Tabelas 1 e 4), sugerindo que a espécie em estudo, *Dipteryx alata*, possui adaptação para reduzir os íons de Fe presentes no solo, aumentando a absorção deste e de outros nutrientes (DECHEN; NACHTIGALL, 2006), o que é confirmado na análise de correlação (Tabela 5).

As mudas introduzidas na área degradada apresentaram teores foliares de Fe acima de 100 mg kg⁻¹, considerado elevado (MALAVOLTA, 1980), porém as mudas não apresentam sintomas de toxicidade, indicando uma adaptação desta espécie arbórea de Cerrado.

Schmidt et al. (2014) afirmam que a disponibilidade de Fe na rizosfera é limitada pela baixa solubilidade e pela lenta velocidade de dissolução de compostos de ferro inorgânicos, necessários às plantas e para o crescimento microbiano no solo, indicando que este Fe pode estar sendo solubilizado do resíduo agroindustrial (1540 mg kg⁻¹).

Os teores foliares de Fe e Mn estão elevados em todos os tratamentos inclusive no subsolo sem adição de resíduos, indicando a necessidade de melhorar este subsolo para introdução de espécies vegetais, porém os resíduos adicionados não promoveram mudanças nas [Fe] e [Mn] do solo (Tabela 4), o que é comum em solos de Cerrado não corrigidos.

A dimensão dos valores encontrados para a [Mn] foliar sugere que o *Dipteryx alata* seja uma espécie hiperacumuladora de Mn, como também observaram Lambers et al. (2015), ao avaliar as concentrações foliares de Mn em Proteáceas, indicando que mesmo com

concentrações elevadas de Mn nas folhas, acima dos valores críticos para toxidez, 200 – 3500 $\mu\text{g Mn g}^{-1}$ (Krämer, 2010), estas não apresentam sintomas de toxidez, o que as caracteriza como hiperacumuladoras.

Quanto ao Zn foliar, as menores concentrações ocorreram na ausência de RA e para as mudas em ambiente conservado, incrementos [Zn] foliar ocorrem na presença de RA, o que está relacionado à composição de cinza [Zn total 12,4 mg kg^{-1}] (Tabelas 1 e 2).

Comparando a condição de fertilidade do solo encontrado no Cerrado com os tratamentos da área experimental (Tabelas 4, 7, 8 e 9), nota-se após 2 anos de introdução dos resíduos, que os tratamentos melhoraram, mas ainda para a maioria dos atributos químicos, o solo sob Cerrado conservado propiciou maiores teores de P, MO, Ca, Mg, B, Fe e Mn enquanto na área experimental foram maiores os teores de K e Al, e houve menor teor de acidez potencial (H+Al) (Tabela 4), o que indica menor necessidade de calcário para sua correção.

Tanto RO quanto RA contribuíram para aumentar o K e reduzir o Al e o B do subsolo exposto (Tabela 7), mas para o B as variações podem ser consideradas incipientes (0,11 a 0,13 mg dm^{-3}).

O teor de K, com conteúdo bastante baixo no solo, na presença dos resíduos sofreu incrementos da ordem de 200% (0,4 para 1,5 mmol_c dm^{-3}), valores ainda reduzidos, indicando que os resíduos aplicados, embora tenham adicionado algum K ao solo, ainda não foi suficiente (RAIJ, 2011).

A adição dos resíduos promoveu redução do Al trocável, efeito desejável, uma vez que os solos do cerrado apresentam altos teores de alumínio podendo levar as plantas à toxicidade (HARIDASAN, 1982). Os resíduos também contribuíram para incrementos no pH do solo, o que pode interferir na disponibilidade de outros elementos (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007), como o Boro, que tem sua disponibilidade reduzida em pH menor do que 5,0, como verificado neste trabalho (ABREU; LOPES; SANTOS, 2007).

As doses de RA aplicadas produziram efeitos lineares e crescentes sobre o K (0,6 a 1,2 mmol_c dm^{-3}), Ca (2,7 a 8,1 mmol_c dm^{-3}), Mg (1,8 a 3,5 mmol_c dm^{-3}), pH (4,3 a 4,7), e lineares porém decrescentes para H+Al (27,3 a 21,2 mmol_c dm^{-3}) e Al (8,0 a 2,7 mmol_c dm^{-3}). Permitindo afirmar que o RA contribuiu para o condicionamento químico do subsolo exposto, melhorando as condições para o desenvolvimento vegetal.

Os efeitos relativos à aplicação de RO foram restritos à MO (8,6 a 9,6 g dm^{-3}), K (0,6 a 1,1 mmol_c dm^{-3}) e Al (5,2 a 3,7 mmol_c dm^{-3}) (Tabela 7).

Tabela 7 -Valores médios para P, MO, pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al, CTC, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn do solo, após 12 meses de introdução das mudas em campo (área experimental), bem como valores de F e coeficientes de variação (CV). Fevereiro/2013 Selvíria-MS.

FV	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)	----- (mmol _c dm ⁻³) -----				----- (mg dm ⁻³) -----					
BL													
1	1,0	9,1	4,6	1,0	5,7	3,5	23,0a	4,5	0,12	0,64	3,1a	12,0	0,22
2	1,0	9,0	4,5	0,8	5,7	2,6	24,5ab	4,7	0,12	0,62	2,5ab	11,4	0,15
3	1,0	9,0	4,3	0,7	4,3	2,5	25,3b	5,3	0,12	0,69	2,2b	11,0	0,11
RO													
0 t ha⁻¹	1,0	8,6b	4,5	0,6b	4,6	2,3	24,7	5,2ab	0,11b	0,6	2,2	11,4	0,1
16 t ha⁻¹	1,0	9,6a	4,5	0,8b	5,2	3,0	24,7	5,7a	0,13a	0,7	2,8	12,0	0,1
32 t ha⁻¹	1,0	8,9ab	4,6	1,1a	6,0	3,2	23,4	3,7b	0,11ab	0,6	2,7	11,0	0,2
RA													
0 t ha⁻¹	1,0	9,0	4,3	0,6	2,7	1,8	27,3	8,0	0,13	0,6	2,4	12,3	0,17
15 t ha⁻¹	1,0	9,2	4,4	0,7	3,9	3,1	25,4	5,2	0,13	0,7	2,5	12,1	0,18
30 t ha⁻¹	1,0	9,1	4,6	1,0	6,3	3,0	23,1	3,5	0,12	0,7	3,0	11,0	0,12
45 t ha⁻¹	1,0	8,8	4,7	1,2	8,1	3,5	21,2	2,7	0,11	0,6	2,3	10,6	0,17
Valores de F													
BL	0,001 ^{ns}	0,044 ^{**}	2,316 ^{ns}	3,044 ^{ns}	3,895 [*]	2,180 ^{ns}	4,205 [*]	0,986 ^{ns}	0,082 ^{ns}	1,615 ^{ns}	5,590 [*]	0,757 ^{ns}	2,502 ^{ns}
RO	0,001 ^{ns}	4,908 [*]	1,773 ^{ns}	10,796 ^{**}	3,125 ^{ns}	1,590 ^{ns}	1,678 ^{ns}	5,331 [*]	4,255 [*]	1,462 ^{ns}	2,344 ^{ns}	0,688 ^{ns}	2,902 ^{ns}
RA	0,001 ^{ns}	0,511 ^{ns}	10,936 ^{**}	10,164 ^{**}	27,559 ^{**}	3,077 [*]	16,087 ^{**}	22,254 ^{**}	3,133 [*]	0,581 ^{ns}	1,663 ^{ns}	1,437 ^{ns}	0,375 ^{ns}
ROxRA	0,001 ^{ns}	0,467 ^{ns}	2,239 ^{ns}	1,842 ^{ns}	2,706 ^{ns}	1,044 ^{ns}	1,251 ^{ns}	2,451 ^{ns}	0,468 ^{ns}	0,709 ^{ns}	1,783 ^{ns}	1,019 ^{ns}	0,257 ^{ns}
CV(%)	0	9	3	30	27	45	8	31	13	16	26	18	85

#Dados transformados para $\sqrt{(x+0,5)}$. Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, por fonte de variação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

^{ns}=valores não significativos; ^{**} e ^{*} = valores significativos para $P \leq 0,01$ e $\leq 0,05$, respectivamente. RO = resíduo orgânico; RA = resíduo agroindustrial.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 8 - Equações de regressão e valores de R^2 , para teores de pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al e B no solo em função das doses do resíduo agroindustrial (RA).

Cinza (RA)	R^2
pH	
$\hat{y} = 4,340 + 0,0008x$ $t = 102,544^{**} \quad 5,697^{**}$	0,9894
K	
$\hat{y} = 0,5455 + 0,0145x$ $t = 7,355^{**} \quad 5,493^{**}$	0,9896
Mg	
$\hat{y} = 2,0777 + 0,034x$ $t = 5,723^{**} \quad 2,691^*$	0,7847
H+Al	
$\hat{y} = 27,3777 - 0,1377x$ $t = 49,146^{**} \quad -6,941^{**}$	0,9982
Al	
$\hat{y} = 7,5111 - 0,1177x$ $t = 18,057^{**} \quad -7,945^{**}$	0,9456
B	
$\hat{y} = 0,1294 - 0,0004x$ $t = 30,110^{**} \quad -3,901^*$	0,8955

^{ns}=valores não significativos; ^{**} e ^{*}= valores significativos para $P \leq 0,01$ e $\leq 0,05$, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 9 - Desdobramentos da interação resíduo orgânico (RO) e agroindustrial (RA) incorporados ao solo, para os teores de Ca do solo.

RO	RA				Valor de F	Equações de Regressão	R^2
	0 t ha ⁻¹	15 t ha ⁻¹	30 t ha ⁻¹	45 t ha ⁻¹			
	----- Ca (mmol _c dm ⁻³) -----						
0 t ha ⁻¹	1,3b	3,7	4,7b	8,7	14,424 ^{**}	$\hat{y} = 1,1333 + 0,1533x$ $t = 1,681^{**} \quad 6,384^{**}$	0,9418
16 t ha ⁻¹	2,3ab	4,3	5,7b	8,3	9,759 ^{**}	$\hat{y} = 2,2666 + 0,1288x$ $t = 3,363^{**} \quad 5,366^{**}$	0,9836
32 t ha ⁻¹	4,3a	3,7	8,7a	7,3	8,789 ^{**}	$\hat{y} = 3,9000 + 0,0933x$ $t = 5,786^{**} \quad 3,886^{**}$	0,5727
Valor de F	3,595 [*]	0,228 ^{ns}	6,677 ^{**}	0,742 ^{ns}			

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, por fonte de variação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. ^{ns}=valores não significativos; ^{**} e ^{*}= valores significativos para $P \leq 0,01$ e $\leq 0,05$, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

O pH do solo correlaciona-se com o K, Ca, Mg, H+Al e Al, o que indica que estes teores foram influenciados pelo pH do solo. Os resíduos promoveram incrementos no pH do solo, o que pode estar relacionado a disponibilidade de K, Ca e Mg, ou a relação íntima do

aumento pH do solo com a redução da acidez potencial do solo e o do teor de alumínio (Tabela 5).

As concentrações de nutrientes analisados nas mudas não apresentam correlação com os teores do elemento no solo (VIANI et al., 2014) (Tabela 5). Como a avaliação dos nutrientes do solo foi realizado na profundidade de 0 a 0,20 m, isto pode ter comprometido os resultados, pois as raízes podem já, aos 12 meses, estar explorando volume de solo abaixo dos 0,20 m, não sendo a camada de 0 a 0,20 m a melhor para discutir esta correlação.

A altura de planta, diâmetro do caule e clorofila foliar das mudas em relação aos tratamentos mostra ausência de efeitos sobre a clorofila, o que se deve ao não efeito dos tratamentos sobre o teor de N foliar do *D. alata*, no entanto, altura e diâmetro foram influenciados positivamente pelos resíduos, variando a altura de 46 a 63 cm quando se adicionou RO e de 41 a 72 quando se adicionou RA. Houve aumento do diâmetro do caule também, variando na presença de RO de 12,7 a 15,7 mm e na presença de RA de 12,3 a 16,6 mm (Tabelas 10 e 11). Altura de planta e diâmetro de caule apresentaram correlação alta e positiva, contudo o índice de clorofila foliar não se correlaciona com as demais variáveis (Tabelas 5, 12 e 13).

Tanto para altura quanto para diâmetro a dose de 16 t ha⁻¹ de RO foi suficiente para os ganhos observados, indicando como desnecessária a aplicação de doses maiores. Alguns estudos revelam efeitos negativos sobre o crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* (CALDEIRA et al., 2000a) e *Acacia mearnsii* (CALDEIRA et al., 2000b) à medida que aumentam as doses de compostos orgânicos.

A aplicação de RA produziu efeitos lineares e crescentes sobre altura de planta e diâmetro do caule das mudas de *Dipteryx alata* onde para cada 15 t ha⁻¹ adicionadas ocorreu incrementos de 10,56 cm e 1,36 mm para altura e diâmetro, respectivamente (Tabela 11).

Em função da grande variabilidade das espécies e heterogeneidade dos solos das regiões tropicais, são ainda incipientes as informações disponíveis sobre o comportamento das espécies florestais no que diz respeito aos requerimentos nutricionais e a sua capacidade de adaptação a condições ambientais distintas (FURTINI NETO et al., 1999), fazendo-se necessários novos estudos para o melhor entendimento da nutrição, pois efeitos fisiológicos da falta de nutrientes podem comprometer o crescimento e desenvolvimento de plantas nativas de Cerrado, principalmente em áreas degradadas que estão em recuperação ambiental.

Tabela 10 - Valores médios para altura de planta, diâmetro do caule, e índice de clorofila foliar (ICF), em função dos tratamentos.

FV	ICF	Altura de Planta (cm)	Diâmetro do Caule (mm)
RO			
0 t ha⁻¹	35,8	46,0 b	12,7 b
16 t ha⁻¹	36,8	62,3 a	15,4 ab
32 t ha⁻¹	35,7	62,9 a	15,7 a
RA			
0 t ha⁻¹	36,9	41,3	12,3
15 t ha⁻¹	35,0	49,8	14,1
30 t ha⁻¹	37,9	62,5	14,9
45 t ha⁻¹	35,6	72,3	16,6
Valor de F			
RO	0,553 ^{ns}	4,900 ^{**}	3,758 [*]
RA	2,473 ^{ns}	6,316 ^{**}	3,096 [*]
RO x RA	2,007 ^{ns}	1,442 ^{ns}	1,357 ^{ns}
CV (%)	12	25	18

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, por fonte de variação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. ^{ns}=valores não significativos; ^{**} e ^{*}= valores significativos para $P \leq 0,01$ e $\leq 0,05$, respectivamente. RO = resíduo orgânico; RA = resíduo agroindustrial.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 11. Equações de regressão e valores de R^2 , para altura de planta e diâmetro do caule de *Dipteryx alata* em função das doses do resíduo agroindustrial (RA).

Cinza (RA)	R^2
Altura de planta (cm)	
$\hat{y} = 30,092 + 10,562x$	0,9947
$t = 4,476^{**} \quad 4,303^{**}$	
Diâmetro de caule (mm)	
$\hat{y} = 11,109 + 1,358x$	0,9787
$t = 9,003^{**} \quad 3,016^{**}$	

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, por fonte de variação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. ^{ns}=valores não significativos; ^{**} e ^{*}= valores significativos para $t \leq 0,01$ e $\leq 0,05$, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 12 - Matriz de correlação linear simples entre índice de clorofila foliar (ICF), altura de planta (ALT), diâmetro de caule (DIA) e os nutrientes foliares das mudas.

	ICF	ALT	DIA	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
ICF	1,000													
ALT	0,20359 ^{ns}	1,000												
DIA	0,17822 ^{ns}	0,92388**	1,000											
N	0,06505 ^{ns}	0,13798 ^{ns}	0,10184 ^{ns}	1,000										
P	0,15321 ^{ns}	0,03725 ^{ns}	-0,01177 ^{ns}	0,45024**	1,000									
K	-0,01290 ^{ns}	0,14393 ^{ns}	0,06895 ^{ns}	0,14049 ^{ns}	0,54726**	1,000								
Ca	0,19077 ^{ns}	-0,18888 ^{ns}	-0,21940 ^{ns}	0,19579 ^{ns}	0,15055 ^{ns}	-0,25273 ^{ns}	1,000							
Mg	0,11338 ^{ns}	-0,33211 ^{ns}	-0,32300 ^{ns}	0,24107 ^{ns}	0,28135 ^{ns}	-0,14735 ^{ns}	0,18512 ^{ns}	1,000						
S	-0,01816 ^{ns}	-0,41566*	-0,32052 ^{ns}	-0,08361 ^{ns}	-0,00794 ^{ns}	-0,44659**	0,45633**	0,41180*	1,000					
B	-0,25739 ^{ns}	-0,37348*	-0,31230 ^{ns}	-0,18053 ^{ns}	-0,38584*	-0,41087*	-0,09282 ^{ns}	0,09203 ^{ns}	0,13995 ^{ns}	1,000				
Cu	0,19330 ^{ns}	0,25409 ^{ns}	0,15605 ^{ns}	0,23867 ^{ns}	0,53888**	0,37001*	-0,01527 ^{ns}	0,09239 ^{ns}	-0,14968 ^{ns}	-0,39700*	1,000			
Fe	-0,26710 ^{ns}	-0,33489*	-0,32030 ^{ns}	-0,01048 ^{ns}	0,04622 ^{ns}	-0,15513 ^{ns}	0,05673 ^{ns}	0,15766 ^{ns}	0,27547 ^{ns}	0,36816*	-0,13960 ^{ns}	1,000		
Mn	0,15320 ^{ns}	-0,28877 ^{ns}	-0,25433 ^{ns}	0,13558 ^{ns}	0,14269 ^{ns}	-0,12924 ^{ns}	0,45260**	0,36935*	0,23490 ^{ns}	0,09689 ^{ns}	0,05814 ^{ns}	0,30437 ^{ns}	1,000	
Zn	-0,07789 ^{ns}	0,22333 ^{ns}	0,19759 ^{ns}	0,18651 ^{ns}	0,17188 ^{ns}	0,25060 ^{ns}	-0,07438 ^{ns}	-0,08457 ^{ns}	-0,35728*	-0,24027 ^{ns}	0,60348**	0,05120 ^{ns}	0,12948 ^{ns}	1,000

^{ns}=valores não significativos; ** e * = valores significativos para $P \leq 0,01$ e $\leq 0,05$, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 13 - Matriz de correlação linear simples entre índice de clorofila foliar (ICF), altura de planta (ALT), diâmetro de caule (DIA) e os atributos químicos do solo.

	ICF	ALT	DIA	p	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
ICF	1,000															
ALT	0,20359 ^{ns}	1,000														
DIA	0,17822 ^{ns}	0,92388**	1,000													
P																
MO	0,02109 ^{ns}	-0,11623 ^{ns}	-0,04319 ^{ns}		1,000											
pH	-0,10938 ^{ns}	0,50679**	0,39207*		-0,03670 ^{ns}	1,000										
K	-0,13187 ^{ns}	0,49883**	0,33823*		0,02692 ^{ns}	0,83782**	1,000									
Ca	0,03607 ^{ns}	0,66831**	0,52875**		0,00965 ^{ns}	0,86029**	0,81726**	1,000								
Mg	-0,05041 ^{ns}	0,40516*	0,41711*		0,19440 ^{ns}	0,69608**	0,68328**	0,67269**	1,000							
H+Al	0,12910 ^{ns}	-0,56174**	-0,44224**		0,15148 ^{ns}	-0,85480**	-0,78573**	-0,82091**	-0,70631**	1,000						
Al	0,06154 ^{ns}	-0,55279**	-0,45148**		0,09267 ^{ns}	-0,81294**	-0,68192**	-0,80896**	-0,56053**	0,85062**	1,000					
B	-0,01359 ^{ns}	-0,25467 ^{ns}	-0,12049 ^{ns}		0,31119 ^{ns}	-0,57003**	-0,36488*	-0,51644**	-0,28668 ^{ns}	0,56377**	0,67634**	1,000				
Cu	0,11750 ^{ns}	-0,34209*	-0,30631 ^{ns}		0,66886**	-0,12392 ^{ns}	-0,05825 ^{ns}	-0,21806 ^{ns}	-0,04705 ^{ns}	0,29574 ^{ns}	0,27107 ^{ns}	0,30945 ^{ns}	1,000			
Fe	-0,12189 ^{ns}	-0,03672 ^{ns}	-0,07802 ^{ns}		0,52073**	0,45455**	0,41017*	0,25731 ^{ns}	0,41228*	-0,26411 ^{ns}	-0,18864 ^{ns}	0,04315 ^{ns}	0,41307*	1,000		
Mn	-0,08162 ^{ns}	-0,30722 ^{ns}	-0,29004 ^{ns}		0,42361*	-0,42785**	-0,26383 ^{ns}	-0,43227**	-0,23048 ^{ns}	0,32636 ^{ns}	0,45000**	0,42319*	0,55404**	0,14729 ^{ns}	1,000	
Zn	0,06548 ^{ns}	0,10828 ^{ns}	0,05837 ^{ns}		-0,06678 ^{ns}	0,16323 ^{ns}	0,32868 ^{ns}	0,13233 ^{ns}	0,28143 ^{ns}	-0,24717 ^{ns}	-0,10635 ^{ns}	-0,11874 ^{ns}	0,00000 ^{ns}	0,10266 ^{ns}	0,25250 ^{ns}	1,000

^{ns}=valores não significativos; ** e * = valores significativos para $P \leq 0,01$ e $\leq 0,05$, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se comparar as mudas coletadas no Cerrado conservado com as mudas da área experimental observa-se que os teores de N, P e K foram superiores nas mudas obtidas no Cerrado. B Fe, Mn e Zn, apresentam os menores teores foliares nas plantas coletadas no Cerrado, no caso do Mn os piores resultados ocorrem na ausência de macrófitas aquáticas indicando a importância do resíduo orgânico. Os teores de Ca, Mg, S e Cu, são semelhantes em ambas as áreas, indicando que os resíduos, tanto orgânico como agroindustrial aplicados ao solo não influenciaram esses teores.

A adição de resíduos (RO e RA) contribuíram para incrementos nos nutrientes foliares, contudo, estes não alcançaram os mesmos teores das mudas do campo.

Na área experimental, a clorofila foliar não foi influenciada pelos tratamentos com resíduos, mas altura de planta e diâmetro do caule apresentaram incrementos tanto na presença de RO quanto de RA.

O incremento das doses de RA aumentam o pH do solo e os teores de K, Ca e Mg, e reduzem o teor de B, a acidez potencial (H^+Al) e o Al.

Novos estudos se fazem necessários para que ocorra um melhor entendimento sobre a nutrição e os efeitos fisiológicos decorrentes da falta de nutrientes presentes no solo – e consequentemente nas plantas – e como estes fatores podem interferir no crescimento e desenvolvimento de plantas nativas do Cerrado.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.
- AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. (Org.). **Ecologia e caracterização do cerrado**. Brasília DF: Embrapa, Informação Tecnológica, 2004. 249p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **O bioma cerrado**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>> Acesso em: 22 out. 2014.
- BRUNELLI, A. M. M. do P.; PISANI JÚNIOR, R. Proposta de Disposição de Resíduo Gerado a partir da Queima do Bagaço de Cana em Caldeiras como Fonte de Nutriente e Corretivo do Solo. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30., 2006, Punta del Leste. **Anais...** Punta del Leste: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006. v. 1, p. 1-9.
- CALDEIRA, M.V.W. et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 28, n. 1/2, p. 19-30, 2000a.
- CALDEIRA, M.V.W. et al. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 161-170, 2000b.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451 p.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO - CESP. **Ilha Solteira**: a cidade e a usina. São Paulo: CESP, 1988. 93 p.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 327 - 354.
- DIAS, L.E.; GRIFFITH, J.J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L.E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: Univ. Federal de Viçosa; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.251. Disponível em <<http://www.brasilmineral.com.br/BM/pdf/228/228%20-%20CVRD.pdf>> Acesso em: 25 out. 2014.
- DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. Concentração foliar de espécies arbóreas nativas do Cerrado sob adubação com nitrogênio e fósforo. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPOSIO INTERNACIONAL DE SAVANAS TROPICIAS, 2., 2008, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 1-9. Disponível em: <[http://www.cpac.embrapa.br/publicacoes/search_pbl/5?q=DUBOC, E_](http://www.cpac.embrapa.br/publicacoes/search_pbl/5?q=DUBOC,E_)> Acesso em: 25 mar. 2014.

DURYEA, M. L. Nursery cultural practices: impacts on seedling quality. In: DURYEA, M. L.; LANDIS, T. D. **Forest nursery manual: production of bareroot seedlings**. Corvallis: Martinus Nijhoff, 1984. p. 143-164.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 401p.

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

FEITOSA, D. G.; MALTONI, K. L.; SILVA, I. P. F. Avaliação da cinza oriunda da queima do bagaço da cana de açúcar, na substituição da adubação química convencional para produção de alimentos e preservação do meio ambiente. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 2412-2415, 2009.

FRANCÊS, H. J. S.; VALCARCEL, R. Medidas físico-biológicas de recuperação de áreas degradadas: almofadas. In: Jornada de Iniciação Científica, 4., 1994, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: UFRRJ, 1994. 15, 1994.

FREITAS, E. de S. **Caracterização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar do município de Campos dos Goytacazes para uso na construção civil**. 2005. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo Dos Goytacazes, 2005.

FURTINI NETO, A. E. et al. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 01-12, 1999.

GARAY, I.; KINDEL, A.; CARNEIRO, R.; FRANCO, A. A.; BARROS, E.; ABBADIE, L. Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 705-712, 2003.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substratos, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309-350.

GUIMARÃES, L. T. **Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) para identificação de áreas potenciais para disposição de resíduos na bacia do Paquequer, município de Teresópolis – RJ**. Rio de Janeiro: Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COOPE), 2000. 172 p.

HARIDASAN, M. Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 65, n. 2, p. 265-273, 1982.

HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas de cerrado. In: SOUZA-SILVA, J. C.; FELFINI, J. M. (Org). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 169 – 178.

HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campo dos Goytacazes, v. 20, n. 3, p. 183-195, 2008.

KRÄMER, U. Metal hyperaccumulation in plants. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 61, p. 517–534, 2010.

LAMBERS, H. et al. Leaf manganese accumulation and phosphorus-acquisition efficiency. **Trends in Plant Science**, Londres, v. 20, n. 2, p. 83-90, 2015.

LEMOS, M. R. B. et al. The effect of roasting on the phenolic compounds and antioxidant potential of baru nuts (*Dipteryx alata* Vog.). **Food Research Intenational**, Ontario, v. 48, n. 2, p. 592 - 597, 2012.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. v.1. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 351 p.

MACHADO, K. da S. et al. Resíduos orgânicos e fósforo como condicionantes de solo degradado e efeitos sobre o crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 541-552, 2014.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980. 215 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MALTONI, K. L.; VALÉRIO FILHO, W. V. Contribuições da revegetação para as características químicas do subsolo. In: SIMPÓSIO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., Blumenau, 2000. **Anais...** Blumenau: FUBRA/SOBRAGE, 2000. p. 104 – 105.

MATTIELLO, E. M. et al. Características fisiológicas e crescimento de clones de eucalipto em resposta ao boro. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 821-830, 2009.

MELOTTO, A. et al. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil Central indicadas para sistemas silvipastoris. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p. 425-432, 2009.

MEXAL, J. G.; LANDIS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM; MEETING OF WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, Oregon, 1990. **Proceedings...** Oregon: USDA, 1990. p. 17-37.

MUNDIM, T. G. et al. Avaliação de espécies nativas do bioma cerrado na revegetação de 'áreas degradadas de cerrado *sensu stricto*. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, DF, v. 18. p. 47-64, 2006.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, Londres, v. 403, p. 853-858, 2000.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-550.

OLIVEIRA SOUSA, A. G. et al. Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 2311-2325, 2011.

PEDROL, N. et al. Soil fertility and spontaneous revegetation in lignite spoil banks under different amendments. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 110, n. 1, p. 134-142, 2010.

POMPÊO, M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 406-424, 2008.

POTT, V. J.; POTT, A. Dinâmica da vegetação aquática do Pantanal. In: THOMAZ; S. M.; BINI, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2003. p. 145-162.

PRIMACK, R.; MASSARDO, F. Restauración ecológica. In: PRIMACK, R. et al. (Ed.). **Fundamentos de conservación biológica**: perspectivas latinoamericanas. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 2001. p. 559-579.

PULLEMAN, M.; HELLIN, J.; VELÁZQUEZ, D. F.; BÁEZ, W. L. Soil quality and farm profitability: a win-win situation. **Leisa Magazine**, Amersfort, v. 24, n. 2, p. 6-8, 2008.

RAIJ, B.V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420 p.

RIBEIRO, R. A.; RODRIGUES, F. M. Genética da conservação em espécies vegetais do cerrado. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, Salvador, v. 5, n. 3, p. 253-260, 2006.

RODRIGUES, G. B. MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 73-80, 2007.

RUIVO, M. L. P. Recuperação de áreas de mineração: uma experiência bem sucedida na Amazônia. In: FERREIRA, E. J. G.; SANTOS, G. M.; LEÃO, E. I. M.; OLIVEIRA, I. A. (Eds.). **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia**. Manaus: INPA, 1993. p. 383-404.

SALOMÃO, A. N.; DAVIDE, A. C.; FIRETTI, F.; SOUSA-SILVA, J. C.; CALDAS, L. S.; WETZEL, M. M. V. S.; TORRES, R. A. A.; GONZÁLES, S. **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do cerrado**. Brasília, DF, Rede de Sementes do Cerrado, 2003. 96 p.

SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. **Baru: biologia e uso**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2004. 52 p. (Documento, n. 116)

SANTOS, U. M.; CARVALHO GONÇALVES, J. F. de; FELDPAUSCH, T. R. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 226, n. 1, p. 299-309, 2006.

SANTOS, A. A. **Implantação do pinhão-mansão em solo degradado inoculado e acrescido de macrófita, cinza e hidrogel**. 2013. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2013.

SAS. Institute, Inc. **SAS/STAT: user's guide: version 8**. Cary, 1999.

SCHMIDT, H. P. et al. Biochar and biochar-compost as soil amendments to a vineyard soil: influences on plant growth, nutrient uptake, plant health and grape quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 191, p. 117-123, 2014.

SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E.; SANTANA, C. A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rígida* (Benth) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 149-155, 2004.

SIQUEIRA, J. O. et al. **Aspectos de solos, nutrição vegetal e microbiologia na implantação de matas ciliares**. Belo Horizonte: CEMIO, 1995. 28 p.

SIQUEIRA, E. M. A. et al. Consumption of baru seeds [*Dipteryx alata* Vog.], a Brazilian savanna nut, prevents iron-induced oxidative stress in rats. **Food Research International**, Barking, v. 45, n. 1, p. 427-433, 2012.

SLOAN, S. Remaining natural vegetation in the global biodiversity hotspots. **Biological Conservation**, Amsterdam, v. 177, p. 12-24, 2014.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez potencial e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. **Laboratório de Pedologia**. Ilha Solteira, 2011.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. **Canal Clima da Unesp de Ilha Solteira: área de Irrigação e Hidráulica**. Ilha Solteira, 2015.

VALCARCEL, L.; D'ALTERIO, C. F. V. Medidas físico-biológicas de recuperação de áreas degradadas: avaliação das modificações edáficas e fitossociológicas. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 5, n. 1, p. 68-88, 1998.

VARGAS, R. **Uso de cinzas de lenha da indústria cerâmica como condicionante do solo.** Foz do Iguaçu: Faculdade Dinâmica de Cataratas, 2011.

VASCONCELOS, V. F.; SANTOS, R. J. A. Chegada do projeto Prodecer-I em Irai de Minas e os migrantes. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA, 2., Uberlândia, 2003. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2003. P. 1-15. Disponível em: <<http://www.ig.ufub.br/2srg/1/1-121A.pdf>>. Acesso em: 6 fev. 2010.

VELINI, E. D.; CORRÊA, M. R.; TANAKA, R. H.; BRAVIN, L. F.; ANTUNIASSI, U. R.; CARVALHO, R. T.; GALO, M. L. B. T. Avaliação operacional do controle mecânico de plantas aquáticas imersas no Reservatório de Jupia. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 277-285, 2005.

VIANI, R. A. G.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. de. A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 533-552, 2010.

VIANI, R. A. G. et al. Soil pH accounts for differences in species distribution and leaf nutrient concentrations of Brazilian woodland savannah and Seasonally Dry forest species. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Jena, v. 16, n. 2, p. 64-74, 2014.

XU-JIAN, Y. et al. A device for simulating soil nutrient extraction and plant uptake. **Pedosphere**, Amsterdam, v. 22, n. 6, p. 755-763, 2012.

ANEXO A – Caracterização inicial da área.

Tabela 14 - Valores médios para P, MO, pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al, B, Cu, Fe, Mn e Zn do solo antes do início do experimento. Selvíria/MS, 2011.

P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)	-----	-----	(mmol _c dm ⁻³)	-----	-----	-----	(mg dm ⁻³)	-----	-----	-----
3	10	4,5	0,5	1	1	27	5	0,11	0,6	2	12	0,06

Fonte: Unesp (2011)

Tabela 15 - Valores médios para temperatura e umidade do solo, medidas às 7h30 e 15h, durante 05 dias, antes do início do experimento (2011).

Data	Temperatura (°C)			Umidade (% peso)		
	7h30	15h00	Δ	7h30	15h00	Δ
26/04/11	26,0	36,9	10,9	12,3	10,1	2,2
28/04/11	25,3	39,2	13,9	9,0	5,7	3,3
04/05/11	20,8	35,2	14,5	11,2	9,1	2,1
05/05/11	22,7	37,4	14,6	11,3	7,6	3,7
19/05/11	21,8	37,3	15,5	3,6	5,3	1,7
Média	23,3	37,2	13,9	9,5	7,6	2,6

Δ=Variação de temperatura ou umidade no período.

Fonte: Unesp (2011)

Tabela 16 - Valores médios para densidade do solo, antes do início do experimento (2011).

Propriedade do Solo	Média	SD	CV(%)	Mínimo	Máximo
Densidade (g cm⁻³)					
0,00 - 0,10 m	1,45	0,12	8	1,30	1,64
0,10 - 0,20 m	1,47	0,20	14	1,21	1,92

Fonte: Unesp (2011)

Tabela 17 - Valores médios para a composição granulométrica do solo, antes do início do experimento (2011).

Argila	Areia	Silte
-----	g kg ⁻¹	-----
481	409	110

Fonte: Unesp (2011)

ANEXO B - Composição química do resíduo agroindustrial (cinza), determinada em termos de óxidos totais.

Resultados Analíticos		
Parâmetro	Umidade	Resultado
pH (em água 1:10)	---	5,2
Umidade, a 60 - 65°C	% (m/m)	3,2
Sólidos Totais	% (m/m)	95,2
Sólidos Voláteis	% (m/m)	48,7
Carbono Orgânico	g de C/kg	570
Nitrogênio Kejldahl	g de N/kg	6,1
Nitrogênio Amoniacal	mg de N/kg	220
Nitrogênio Nitrato-Nitrito	mg de N/kg	421
Bário	mg de Ba/kg	25,7
Sódio	mg de Na/kg	18,0
Potássio	mg de K/kg	1617
Arsênio	mg de As/kg	<1,0 ²
Selênio	mg de Se/kg	<1,0 ²
Mercúrio	mg de Hg/kg	<1,0 ²
Alumínio	mg de Al/kg	1710
Boro	mg de B/kg	<3,2 ²
Cádmio	mg de Cd/kg	<0,4 ²
Cálcio	g de Ca/kg	5,3
Chumbo	mg de Pb/kg	3,4
Cobre	mg de Cu/kg	21,1
Cromo	mg de Cr/kg	12,5
Enxofre	g de S/kg	0,24
Ferro	mg de Fe/kg	1540
Fósforo	g de P/kg	0,86
Magnésio	g de Mg/kg	1,1
Manganês	mg de Mn/kg	182
Molibdênio	mg de Mo/kg	<0,9 ²
Níquel	mg de Ni/kg	<2,4 ²
Zinco	mg de Zn/kg	12,4

Fonte: Adaptado de Instituto Agrônomo de Campinas – IAC (2011)

**APÊNDICE C – Teores de nutrientes do resíduo orgânico (macrófitas aquáticas)
(MALAVOLTA et al.,1997).**

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- (g kg ⁻¹) -----						----- (mg kg ⁻¹) -----				
17,6	1,7	6,5	11,6	2,4	6,7	27	57	2000	194	34

Fonte: Próprio autor.

APÊNDICE D – Caracterização química do resíduo agroindustrial (cinza) (RAIJ et al., 2001).

Resultados Analíticos		
Parâmetro	Umidade	Resultado
pH (CaCl ₂)	--	4,50
P	mg dm ⁻³	3,20
K	mmol _c dm ⁻³	0,48
Ca	mmol _c dm ⁻³	1,40
Mg	mmol _c dm ⁻³	1,20
Al	mmol _c dm ⁻³	5,40
MO	g dm ⁻³	9,60
B	mg dm ⁻³	0,11
Cu	mg dm ⁻³	0,62
Fe	mg dm ⁻³	2,20
Mn	mg dm ⁻³	12,22
Zn	mg dm ⁻³	0,06

Fonte: Unesp (2011).

APÊNDICE E – Descrição dos tratamentos gerados pela combinação de doses dos resíduos orgânico e agroindustrial.

Identificação	Combinação das doses
RO00RA00	RO 00 t ha ⁻¹ e RA 00 t ha ⁻¹
RO00RA15	RO 00 t ha ⁻¹ e RA 15 t ha ⁻¹
RO00RA30	RO 00 t ha ⁻¹ e RA 30 t ha ⁻¹
RO00RA45	RO 00 t ha ⁻¹ e RA 45 t ha ⁻¹
RO16RA00	RO 16 t ha ⁻¹ e RA 00 t ha ⁻¹
RO16RA15	RO 16 t ha ⁻¹ e RA 15 t ha ⁻¹
RO16RA30	RO 16 t ha ⁻¹ e RA 30 t ha ⁻¹
RO16RA45	RO 16 t ha ⁻¹ e RA 45 t ha ⁻¹
RO32RA00	RO 32 t ha ⁻¹ e RA 00 t ha ⁻¹
RO32RA15	RO 32 t ha ⁻¹ e RA 15 t ha ⁻¹
RO32RA30	RO 32 t ha ⁻¹ e RA 30 t ha ⁻¹
RO32RA45	RO 32 t ha ⁻¹ e RA 45 t ha ⁻¹

Fonte: Próprio autor.