

Universidade do Estado do Pará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado



Paulo Alexandre Panarra Ferreira Gomes das Neves

**Potencial de espécies florestais da Amazônia como
acumuladoras de metais traços contidos na poluição
atmosférica no município de Barcarena-PA**

Belém
2014

Paulo Alexandre Panarra Ferreira Gomes das Neves

Potencial de espécies florestais da Amazônia como acumuladoras de metais traços contidos na poluição atmosférica no município de Barcarena-PA

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.

Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Tavares de Paula.

Coorientadora: Prof. Dr^a Cristine Bastos do Amarante

Belém
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP),
Biblioteca do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, UEPA, Belém - PA.

N513p Neves, Paulo Alexandre Panarra Ferreira Gomes das

Potencial de espécies florestais da Amazônia como acumuladoras de metais traços contidos na poluição atmosférica no município de Barcarena-PA. / Paulo Alexandre Panarra Ferreira Gomes das Neves; Orientador Manoel Tavares de Paula; Co-orientadora Cristine Bastos do Amarante. -- Belém, 2014.

40f. : il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2014.

1. Poluição industrial. 2. Meio ambiente 3. Resíduos industriais. I. Paula, Manoel Tavares de. II. Amarante, Cristine Bastos do. III. Título.

CDD 628.5

Paulo Alexandre Panarra Ferreira Gomes das Neves

Potencial de espécies florestais da Amazônia como acumuladoras de metais traços contidos na poluição atmosférica no município de Barcarena-PA

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.
Universidade do Estado do Pará.

Data da aprovação: 04/02/2014

Banca Examinadora

_____ – Orientador

Prof. Manoel Tavares de Paula
Doutor em Ciências Agrárias
Universidade do Estado do Pará

Profª. Aline Maria Meiguins de Lima
Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido.
Universidade Federal do Pará

Profª. Ana Cláudia Caldeira Tavares Martins
Doutora em Ciências Biológicas
Universidade do Estado do Pará

Profª. Mirla de Nazaré do Nascimento Miranda
Doutora em Engenharia Química
Universidade do Estado do Pará

DEDICATÓRIA

À minha mãe, guerreira Lucimar Ribeiro Gomes

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu força, coragem e sabedoria para superar todos os desafios que surgiram no decorrer do curso, e por mais uma vitória conquistada.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), pela oportunidade em cursar o Mestrado. Assim como aos professores e funcionários do curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro para realização deste trabalho.

Ao meu orientador professor Dr. Manoel Tavares de Paula pela dedicação e orientação, assim como pela ajuda durante as viagens para execução deste trabalho.

À minha coorientadora Dr^a Cristine Bastos do Amarante pelas contribuições e pela concessão do Laboratório de Análises Químicas do Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG) para preparação das amostras.

Aos Pesquisadores Bruno Carneiro e Kelson Faial, do Instituto Evandro Chagas (IEC) que concederam o suporte técnico para realização das análises Químicas. Aos colegas do Laboratório de Toxicologia Alan Jardim e Lorena Mendes, que me auxiliaram durante as análises químicas.

A professora MSc. Maria Dulcimar de Brito Silva, pela orientação e pelo compartilhamento de saberes durante o estágio docente.

Aos trabalhadores de campo Rai e José pela manutenção dos experimentos implantados.

Aos meus pais, Rui Neves e Lucimar Gomes, meu irmão Bruno Neves e demais familiares por terem sempre incentivado e apoiado minha carreira acadêmica.

Aos meus avós Amilcar Neves e Maria José Neves que muito me ajudaram durante a minha vida.

A minha noiva Bruna Alessandra pelo incentivo, amor, carinho, companheirismo e por todos os momentos que passamos juntos. Não conseguiria se você não estivesse ao meu lado. Te amo!

Aos colegas de curso Arthur Oliveira, Carolina Germano, Cilanna Moraes, Glauce Silva, Gleicy Medeiros, Letícia Silva, Luis Marques, Neriane da

Hora, Saiara Silva, Sarah Batalha e Taina Rocha pela ajuda, apoio e incentivo principalmente no início do curso e por todos os momentos de descontração e aprendizado que vivenciamos.

RESUMO

As plantas podem ser utilizadas como monitores biológicos, pois apresentam uma sensibilidade relativamente maior em relação aos animais, além disso, por serem fixas, permitem uma avaliação mais precisa sobre uma área específica, pois estão fortemente integradas no ambiente em que vivem. O presente trabalho tem como objetivo determinar o teor de Al, Cd, Co, Cr, Mn, Pb, Ni e Zn em folhas de *Euterpe oleracea* Mart., *Carapa guianensis* Aubl. e *Hymenaea courbaril* L., a fim de avaliar o potencial de bioacumulação de metais em duas áreas de estudo, sendo uma área sob influência do distrito industrial de Barcarena-PA e a segunda sem influência da indústria, localizada no município de Benevides-PA, além de correlacionar os valores de metais obtidos com os parâmetros de crescimento (altura e diâmetro) das referidas espécies. Os teores de metais foram obtidos por Espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado. As folhas das espécies em estudo apresentaram maiores teores em relação ao Al, Mn e Zn no município de Baracrena. Tendo destaque a *Euterpe oleracea* Mart., que apresentou as seguintes concentrações: 186,9 mg/kg; 107,7 mg/kg e 33,3 mg/kg respectivamente, podendo ser utilizada como indicadora da presença destes metais na área que sofre influência da indústria.

Palavras-chave: *Euterpe oleracea* Mart., *Carapa guianensis* Aubl., *Hymenaea courbaril* L., meio ambiente.

ABSTRACT

The plants can be used as biological monitors, as they present a relatively higher sensitivity for animals also by being fixed allow a more precise assessment of a particular area, they are firmly integrated into their environment. This study aims to determine the content of Al, Cd, Co, Cr, Mn, Pb, Ni and Zn in leaves of *Euterpe oleracea* Mart., *Carapa guianensis* Aubl. and *Hymenaea Courbaril* L., to evaluate the potential for bioaccumulation metals in two areas of study being an area under the influence of the industrial district Barcarena-PA and the second without influence from industry, located in the city of Benevides-PA, and to correlate the metal values obtained with the growth parameters (height and diameter) of the species. The metal contents were obtained by optical emission spectrometry with inductively coupled plasma. The leaves of the species studied showed higher levels in relation to Al, Mn and Zn in municipality of Barcarena. Having spotlight the *Euterpe oleracea* Mart., which showed the following concentrations: 186,9 mg / kg; 107,7 mg / kg and 33,3 mg / kg respectively, and can be used as an indicator of the presence of these metals in the area that is influenced by industry.

Keywords: *Euterpe oleracea* Mart., *Carapa guianensis* Aubl., *Hymenaea courbaril* L., environment.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Dados relativos às curvas de calibração de Al, Cd, Co, Cr, Mn, Pb, Ni e Zn e limiares analíticos.	28
Tabela 2	Resultados analíticos obtidos para Al, Cd, Co, Cr, Mn, Pb, Ni e Zn em amostras certificadas (Peach Leaves 1547 e Apple Leaves 1515).	28
Tabela 3	Comprimento médio da altura (cm) de <i>Euterpe oleracea</i> Mart, <i>Carapa guianensis</i> Aubl. e <i>Hymenaea courbaril</i> L., 45; 90; 135 e 180 dias após o experimento. Benevides-PA / Barcarena-PA, 2012.	29
Tabela 4	Comprimento médio do diâmetro (mm) <i>Euterpe oleracea</i> Mart., <i>Carapa guianensis</i> Aubl. e <i>Hymenaea courbaril</i> L., 45; 90; 135 e 180 dias após o experimento. Benevides-PA / Barcarena-PA, 2012.	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Croqui do experimento	30
Figura 2	Teores de Al, Mn, Zn, Cr e Ni, encontrados em folhas de <i>Euterpe oleracea</i> Mart.	31
Figura 3	Teores de Al, Mn, Zn, Cr e Ni, encontrados em folhas de <i>Carapa guianensis</i> Aubl.	32
Figura 4	Teores de Al, Mn, Zn, Cr e Ni, encontrados em folhas de <i>Hymenaea courbaril</i> L.	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	11
1.2	REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL	14
2	ARTIGO 1 – Potencial de espécies florestais da Amazônia como acumuladoras de metais traços contidos na poluição atmosférica	16
	RESUMO	16
	ABSTRACT	17
2.1	INTRODUÇÃO	17
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	20
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
2.4	CONCLUSÕES	27
	REFERÊNCIAS	34
3	CONCLUSÕES GERAIS	37
	ANEXOS	38



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado
Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém-PA, CEP: 66095-100
www.uepa.br/paginas/pcambientais



1. INTRODUÇÃO GERAL

Os metais pesados foram definidos como elementos com densidade maior que 5 g/cm^3 , os quais podem ser altamente reativos e bio-acumulativos para alguns organismos, ou seja, não são capazes de eliminá-los (BERTOLAZI *et al.*, 2010).

A origem destes metais, pode ocorrer de forma natural através do processo do intemperismo das rochas de origem do solo, como de forma antropogênica como atividades de deposição atmosférica, aplicação de agrotóxicos, atividades industriais, porém independente de sua origem os mesmos causam prejuízos ao meio ambiente e ao ser humano (CARVALHO *et al.*, 2008).

Os problemas por contaminação de metais pesados de efeito antrópico, tiveram início na idade Média com as atividades mineradoras, mas foi acelerado no início do século XIX com o processamento de metais em plantas químicas e de fundição (BERTOLAZI *et al.*, 2010).

Os metais pesados afetam o crescimento, a distribuição e o ciclo biológico das espécies vegetais, dentre os elementos responsáveis pelo estresse em plantas estão o zinco (Zn), cromo (Cr), cádmio (Cd), níquel (Ni), chumbo (Pb), manganês (Mn) e alumínio (Al) (SOUZA; SILVA; FERREIRA, 2011).

Apesar de associados à toxidez, metais como Cr, Cu e Zn, são importantes componentes funcionais e estruturais dos seres vivos por possuírem como característica a propensão em perder elétrons com facilidade formando íons com cargas positivas, que tendem a ser solúveis em fluidos biológicos.

A concentração de elementos químicos na planta depende da interação de inúmeros fatores, como solo, espécie vegetal, estágio de maturação, rendimento, manejo da cultura e clima. No entanto, o potencial de absorção é o principal fator específico e geneticamente fixado para os diferentes nutrientes e diferentes espécies vegetais (MENGEL; KIRKBY, 1987 *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Uma das formas de monitorar a presença de metais na atmosfera é através da utilização de bioindicadores, pois apresentam sintomas visíveis como necroses, cloroses e distúrbios fisiológicos como redução no crescimento, redução no número e diâmetro das flores (MAKI *et al.*, 2013).

A bioindicação, no sentido ecotoxicológico, portanto, pode ser definida como o uso de seres vivos para verificação e avaliação da poluição ambiental, seja do ar, da água do solo (KLUMPP, 2001).

Desta forma é possível obter informações sobre a qualidade do ar de determinada região, além de conhecer o processo de dispersão de poluentes atmosféricos lançados pelas fontes emissoras (KLUMPP, 2001).

A utilização de bioindicadores pode ocorrer de duas formas: ativa, quando utiliza-se espécies previamente preparadas no ambiente cuja qualidade será avaliada ou de forma passiva, quando se faz a avaliação dos seres que habitam a área de estudo (KLUMPP, 2001).

A utilização de espécies vegetais como bioindicador é um estudo mais barato quando comparados com os valores dos equipamentos necessários para monitorar a qualidade do ar, além de conhecer o mecanismo das espécies em relação aos poluentes atmosféricos (MAKI *et al.*, 2013).

As plantas são excelentes monitores biológicos de poluentes atmosféricos, pois apresentam uma sensibilidade relativamente maior em relação aos animais, possuem uma grande variabilidade genética entre e dentro das espécies, exibem sintomas foliares característicos de exposição a poluentes (JONES; HECK, 1980 *apud* SANTOS; GUEDES; ARAÚJO 2012).

Além disso, por serem imóveis, as plantas permitem uma avaliação mais precisa sobre uma área específica, pois estão fortemente integradas no ambiente em que vivem, discriminando a distribuição espacial do impacto (SANTOS; GUEDES; ARAÚJO 2012).

Maki *et al.* (2013), realizaram uma revisão bibliográfica de trabalhos envolvendo bioindicadores vegetais no biomonitoramento da poluição atmosférica e como resultado obtiveram 19 espécies nos 27 estudos encontrados, demonstrando o potencial de aplicação que os vegetais possuem em biomonitoramento.

Nas regiões tropicais e sub-tropicais, pouco se conhece a respeito dos efeitos da influência da poluição atmosférica sobre a estrutura e o funcionamento das espécies vegetais (SANTOS; GUEDES; ARAÚJO 2012).

As espécies florestais utilizadas neste trabalho foram: *Euterpe oleracea* Mart., *Carapa guianensis* Aubl. e *Hymenaea courbaril* L., pois essas espécies estão presentes na área de estudo localizada no município de Barcarena.

Além disso, são de grande importância econômica para a região Amazônica, pois apresentam grande potencial para uso na indústria de madeira, alimentos, cosméticos e fármacos (NASCIMENTO; SILVA, 2005; QUERINO *et al.*, 2008;

SOUZA *et al.*, 2012) e também não há trabalhos realizados com essas espécies com o objetivo de avaliar o teor de metais traços em seus tecidos foliares.

O município de Barcarena – PA, pertence à mesorregião nordeste do Pará, está situado cerca de 29 km de Belém, às margens da PA 150. Sua área é de 1.310,330Km² com uma população de 99.859 habitantes (IBGE, 2010). No município está situada a empresa de mineração ALBRAS – Alumínio Brasileiro S/A, a qual produz alumínio, a partir da alumina que é obtida através do processo de refinamento da bauxita.

As principais emissões atmosféricas ocorrem nas seguintes etapas: calcinação da alumina e de redução desta a alumínio metálico, utilizando-se as tecnologias de cubas eletrolíticas com anodos Soderberg e de anodos pré-cozidos (ABAL, 2010).

As emissões são constituídas de gases da combustão, material particulado e fração de fluoretos residuais de banho eletrolítico, sendo tais poluentes prejudiciais a saúde humana e aos ecossistemas localizados próximos a indústrias de mineração (ARNDT; FLORES; WEISTEIN, 1995; MAGALHÃES *et al.*, 2010).

Como consequência das atividades empreendidas por esta empresa, no ano de 2012 foram emitidos 1,79 kg/ t Al de material particulado e 0,453 kg/ t de emissões gasosas de flúor, sendo a produção neste ano foi igual a 443.866 t toneladas de lingotes de alumínio primário (ALBRAS, 2012).

Partindo deste contexto, o presente trabalho teve como objetivos:

- Determinar o teor de Al, Cd, Co, Cr, Mn, Pb e Ni, em amostra de folhas de *Euterpe oleracea* Mart., *Carapa guianensis* Aubl. e *Hymenaea courbaril* L., afim de avaliar o potencial de bioacumulação de metais pesados presentes na poluição atmosférica
- Comparar os valores obtidos entre as duas áreas de estudo, sendo uma área sob influência do distrito industrial de Barcarena (PA) e a segunda sem influência da indústria, localizada no município de Benevides (PA);
- Relacionar os teores de metais traços com os parâmetros de crescimento (altura e diâmetro);

2. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ARNDT, U.; FLORES, F.; WEISTEIN, L. Efeitos do flúor sobre as plantas: diagnose de danos na vegetação do Brasil. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

Alumínio Brasileiro (ALBRAS). Relatório Anual. 2012. Disponível em: <<http://www.albras.net/Relatorios/RelatorioAnual2012ALBRAS.pdf>>. Acesso em 09/03/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (ABAL). **Proposta de limites de emissões atmosféricas de fontes fixas, para fábricas existentes, da indústria brasileira de alumínio primário.** 2010.

BERTOLAZI, A. A. *et al.* O papel das ectomicorrizas na biorremediação dos metais pesados no solo. *Natureza on line*. Espírito Santo, v. 8, n.1, p. 24-31, 2010.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cidades, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 09/03/2012.

CARVALHO, A. V. S. *et al.* Produção de matéria seca e de grãos por plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas em solos tratados com metais pesados. *Quim. Nova*. Espírito Santo v. 31, n. 5, p. 949-955, 2008.

KLUMPP, A. Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELLA, W. (Org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações.** São Paulo: EDUC/COMPED/ INEP, 2001. p.77-94.

MAGALHÃES, L. C.; NALINI JUNIOR, H. A.; LIMA, A. C.; COUTRIM, M. X. Determinação de metais traço no material particulado em suspensão em ouro preto, minas gerais. *Revista Química Nova*, v. 33, p. 519-523, 2010.

MAKI, E. S.; SHITSUKA, R.; BARROQUEIRO, C. H.; SHITSUKA. Utilização de Bioindicadores em Monitoramento de Poluição. *Biota Amazônia*, Macapá, v. 3, n. 2, p. 169-178, 2013.

NASCIMENTO, W. M. O.; SILVA, W. R. Comportamento fisiológico de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) submetidas à desidratação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 27, p. 349-351, 2005.

OLIVEIRA, J. P. B. *et al.* Concentração de metais pesados em plantas de maracujá doce cultivadas em dois solos tratados com lodo de esgoto. *Engenharia Ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 217-223, mai./ago. 2009.

QUERINO, R. B.; TONINI, H.; MARSARO JUNIOR, A. L. TELES, A. S., COSTA, J. A. M. Predação de Sementes de Andiroba (*Carapa* spp.) por *Hypsipyla ferrealis* Hampson (Lepidoptera, Pyralidae) em Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 19 p.

SANTOS, O. M.; GUEDES, M. L. S.; ARAÚJO, C. V. M. Potencial de espécies vegetais nativas do pólo industrial de Camaçari (BA, Brasil) como acumuladoras de elementos químicos contidos na poluição atmosférica. *J. Braz. Soc. Ecotoxicol., Vale do Itajaí*, v. 7, n. 1, p. 15-20, 2012.

SOUZA, L. C. D.; SÁ, M. E.; MORAES, S. M. B.; CARVALHO, M. A. C.; SILVA, M. P.; ABRANTE, F. L. Composição química e nutrientes em sementes das espécies florestais pente de macaco, flor de paca, itaúba, jatobá e murici manso. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 28, p. 478-483, 2012.

SOUZA, E. P.; SILVA, I. F.; FERREIRA, L. E. Mecanismos de tolerância a estresses por metais pesados em plantas. *R. Bras. Agrociência*, Pelotas, v.17, n.2-4, p.167-173, abr./jun. 2011.

Potencial de espécies florestais da Amazônia como acumuladoras de metais traços contidos na poluição atmosférica¹

Paulo Alexandre Panarra Ferreira Gomes das Neves², Manoel Tavares de Paula³,
Cristine Bastos do Amarante⁴, Bruno Santana Carneiro⁵, Kelson do Carmo Freitas
Faial⁶, Lorena de Cássia dos Santos Mendes⁷

Resumo

As plantas podem ser utilizadas como monitores biológicos, pois apresentam uma sensibilidade relativamente maior em relação aos animais, além disso, por serem fixas, permitem uma avaliação mais precisa sobre uma área específica, pois estão fortemente integradas no ambiente em que vivem. No município de Barcarena-PA está situada a empresa de mineração ALBRAS, a qual produz alumínio, a partir da alumina que é obtida através do processo de refinamento da bauxita. As principais emissões atmosféricas ocorrem nas etapas de calcinação da alumina e redução desta a alumínio metálico. O presente trabalho tem como objetivo determinar o teor de Al, Cd, Co, Cr, Mn, Pb, Ni e Zn em folhas de *Euterpe oleracea* Mart., *Carapa guianensis* Aubl. e *Hymenaea courbaril* L., a fim de avaliar o potencial de bioacumulação de metais em duas áreas de estudo, sendo uma área sob influência do distrito industrial de Barcarena-PA e a segunda sem influência da indústria, localizada no município de Benevides-PA, além de correlacionar os valores de metais obtidos com os parâmetros de crescimento (altura e diâmetro) das referidas espécies. Os teores de metais foram obtidos por Espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado. As folhas das espécies em estudo apresentaram maiores teores em relação ao Al, Mn e Zn. Tendo destaque a *Euterpe oleracea* Mart., que apresentou as seguintes concentrações: 186,9 mg/kg; 107,7 mg/kg e 33,3 mg/kg respectivamente, podendo ser utilizada como indicadora da presença destes metais na área que sofre influência da indústria.

Palavras-chave: *Euterpe oleracea* Mart., *Carapa guianensis* Aubl., *Hymenaea courbaril* L., meio ambiente.

¹ O manuscrito foi elaborado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Ciências Ambientais – RCIAMB (ISSN: 1808-4524).

² Licenciado Pleno em Ciências Naturais - Química. Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Universidade do Estado do Pará – Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Belém, Pará – PA, 66095-100, Brasil. e-mail: paulo.panarra@gmail.com

³ Doutor em Agronomia. Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Universidade do Estado do Pará – Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Belém, Pará – PA, 66095-100, Brasil. e-mail: dpaulamt@hotmail.com

⁴ Doutora em Química. Pesquisadora da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia - Museu Paraense Emílio Goeldi, Av. Perimetral, 1901, Belém, Pará – PA, 66077-830, Brasil. e-mail: cbamarante@museu-goeldi.br

⁵ Mestre em Geologia e Geoquímica. Pesquisador da Seção de Meio Ambiente - Instituto Evandro Chagas – Rodovia BR-316 km 7 s/n, Ananindeua, Pará – PA, 67030-000, Brasil.

⁶ Mestre em Química. Pesquisador da Seção de Meio Ambiente - Instituto Evandro Chagas – Rodovia BR-316 km 7 s/n, Ananindeua, Pará – PA, 67030-000, Brasil.

⁷ Química. Bolsista da Seção de Meio Ambiente - Instituto Evandro Chagas – Rodovia BR-316 km 7 s/n, Ananindeua, Pará – PA, 67030-000, Brasil.

Potential of forest species of Amazonia as accumulators of metals contained in air pollution

Abstract

The plants can be used as biological monitors, as they present a relatively higher sensitivity for animals also by being fixed allow a more precise assessment of a particular area, they are firmly integrated into their environment. In Barcarena-PA is located ALBRAS mining company, which produces aluminum from alumina which is obtained through the process of refining bauxite. The main atmospheric emissions occur in steps of calcination of alumina and aluminum metal to reduce this. This study aims to determine the content of Al, Cd, Co, Cr, Mn, Pb, Ni and Zn in leaves of *Euterpe oleracea* Mart., *Carapa guianensis* Aubl. and *Hymenaea Courbaril* L., to evaluate the potential for bioaccumulation metals in two areas of study being an area under the influence of the industrial district Barcarena-PA and the second without influence from industry, located in the city of Benevides-PA, and to correlate the metal values obtained with the growth parameters (height and diameter) of the species. The metal contents were obtained by optical emission spectrometry with inductively coupled plasma. The leaves of the species studied showed higher levels in relation to Al, Mn and Zn. Having spotlight the *Euterpe oleracea* Mart., which showed the following concentrations: 186.9 mg / kg; 107, 7 mg / kg and 33.3 mg / kg respectively, and can be used as an indicator of the presence of these metals in the area that is influenced by industry.

Keywords: *Euterpe oleracea* Mart., *Carapa guianensis* Aubl., *Hymenaea courbaril* L., environment.

1. INTRODUÇÃO

Os metais estão entre os contaminantes ambientais mais comuns e seu comportamento em diversos compartimentos ambientais merece destaque, principalmente por serem não degradáveis, permanecendo por longos períodos no ambiente, principalmente nos sedimentos e, portanto, representam ameaça potencial à biodiversidade bem como aos ecossistemas (Oliveira e Marins, 2011).

Esses metais são originários de processos litogênicos e/ou atividades antrópicas, como a utilização de fertilizantes em zonas agrícolas e a atividade mineradora (Muniz e Oliveira-Filho, 2006).

As ações antrópicas são responsáveis por adições de até 1,16 milhões de toneladas de metais por ano em ecossistemas terrestres e aquáticos no mundo todo (Nriagu and Pacyna, 1988).

De acordo com Santos et al. (2012), uma das alternativas para se obter informações de cunho biológico sobre a qualidade do ar é através do biomonitoramento e/ou bioindicação, que consistem no uso de organismos para

verificar e avaliar os efeitos das alterações na composição química, seja do ar, da água ou do solo.

Dentre os organismos utilizados como bioindicadores, destacam-se os líquens, os musgos e certas plantas superiores, que podem apresentar alterações típicas nas folhas, perdas foliares, redução de crescimento, alterações nos padrões de floração, ou ainda, alterações na frequência e abundância de populações quando expostas a poluentes atmosféricos (Carneiro e Takayanagui, 2009).

Além disso, por serem fixas, as plantas permitem uma avaliação mais precisa sobre uma área específica, pois estão fortemente integradas no ambiente em que vivem, discriminando a distribuição espacial do impacto (Klumpp, 2001).

A região amazônica abriga uma grande diversidade de espécies vegetais, estima-se que a região abrigue cerca de quarenta mil espécies vasculares de plantas, das quais trinta mil são endêmicas à região (Mittermeier et al., 2003).

Espécies florestais como o açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), são largamente utilizadas pela população local para fins nutricionais, medicinais, artesanais, além de grande importância econômica para a região Amazônica, pois possuem grande potencial para uso na indústria de alimentos, cosméticos e fármacos (Nascimento e Silva, 2005; Querino et al., 2008; Souza et al., 2012).

No município de Barcarena-PA está situada a empresa de mineração ALBRAS – Alumínio Brasileiro S/A, a qual produz alumínio, a partir da alumina que é obtida através do processo de refinamento da bauxita. O funcionamento desta empresa de mineração iniciou na década de 1980 com um investimento de US\$ 1,5 bilhão para sua implantação, atraindo outras empresas para Barcarena, como: Pará Pigmentos (caulim), Imerys Rio Capim Caulim S/A (caulim) e Alubar Metais S/A (fio de alumínio) (Nahum, 2011).

As principais emissões atmosféricas ocorrem nas seguintes etapas: calcinação da alumina e de redução desta a alumínio metálico, utilizando-se as tecnologias de cubas eletrolíticas com anodos Soderberg e de anodos pré-cozidos (ABAL, 2010).

As emissões são constituídas de gases da combustão, material particulado e fração de fluoretos residuais de banho eletrolítico, sendo tais poluentes prejudiciais a saúde humana e aos ecossistemas localizados próximos a indústrias de mineração (Arndt e Weistein, 1995; Magalhães et al., 2010).

O material particulado em sua constituição apresenta espécies químicas tóxicas em sua superfície, como metais pesados e diversos compostos orgânicos (Magalhães et al., 2010). Trabalho desenvolvido pelos autores Pereira et al. (2007) em três diferentes pontos na cidade de Salvador-BA, avaliaram a presença de metais em poeiras atmosféricas em diversas frações de tamanho e encontraram os metais Fe, Zn e Cu em maior quantidade, cujas fontes foram atribuídas às atividades de mineração e veicular.

Segundo dados do relatório da ALBRAS (2012), a produção atingiu 443.866 toneladas de lingotes de alumínio primário, gerando um faturamento de R\$ 1.727,3 milhões. Em relação aos dados e emissão de material particulado o valor foi de 1,79 kg/ t Al e emissões gasosas de flúor 0,453 kg/ t Al, apesar destes valores estarem obedecendo a Resolução Conama nº 382 (2006), avalia-se que são quantidades expressivas emitidas aos ecossistemas deste município.

Partindo deste contexto, o presente trabalho tem como objetivo determinar o teor de Al, Cd, Co, Cr, Mn, Pb, Ni e Zn em amostra de folhas de açai (*Euterpe oleracea* Mart.), andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), a fim de avaliar o potencial de bioacumulação de metais em duas áreas de estudo, sendo uma área sob influência do distrito industrial de Barcarena (PA) e a segunda sem influência da indústria, localizada no município de Benevides (PA), além de correlacionar os valores de metais obtidos com os parâmetros de crescimento (altura e diâmetro) das referidas espécies.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido em dois municípios (Barcarena e Benevides), os quais pertencem à mesorregião nordeste do Pará. O Clima desta região faz parte do clima quente equatorial úmido, sendo na classificação de Köppen, do tipo Am. A temperatura média anual é de 27 °C, com amplitude térmica mínima. Precipitações abundantes, acima de 2.500 mm ano, ocorrem mais nos seis primeiros meses e, menos intensamente, nos últimos seis meses do ano (IDESP, 2013).

A área utilizada no município de Barcarena está situada a 2,6 km da fábrica de Alumínio da ALBRAS – Alumínio Brasileiro S/A sob as coordenadas 01°33'05,8" - W 48°44'00,9". Em Benevides a área de estudo está localizada nas coordenadas 01°20'01,8" - W 48°14'26,2", a qual não está sob influência de atividades industriais.

Coleta das Amostras

As mudas foram coletadas e separadas em folhas, caule e raízes, sendo que somente as folhas foram utilizadas neste trabalho. Em seguida, o material vegetal foi lavado com água deionizada e seco em estufa à 60 °C durante 72 h até obtenção de uma massa constante. As amostras secas foram pesadas, moídas em moinho tipo facas (Solab Científica, SL 31, Brasil) e submetidas à análise química.

Delineamento Experimental

Com o objetivo de eliminar qualquer tipo de influência em relação ao tipo de solo, as mudas foram implantadas em sacos de polietileno contendo substrato do tipo terra preta, durante o experimentos os substratos não receberam nenhum tipo de adubação, sendo a irrigação era realizada em dias alternados. O período do experimento compreendeu de agosto/2012 a janeiro/2013 (6 meses), onde foram realizadas quatro coletas no intervalo de 45 dias.

As sementes *Euterpe oleracea* Mart. utilizadas para germinação das mudas eram procedentes do município de Belém-PA e as *Carapa guianensis* Aubl. e *Hymenaea courbaril* L. eram procedentes do município de Moju-PA, sendo a idade das mudas igual 1 ano, 6 meses e 3 meses, respectivamente. As mudas utilizadas neste trabalho foram adquiridas junto a Associação das Indústrias Exportadoras de Madeiras do Estado do Pará (AIMEX).

Em cada área foram implantados 3 blocos, com 12 mudas de cada espécie totalizando 36 amostras. Para distribuição das mudas utilizou-se delineamento experimental em blocos ao acaso e analisados em arranjo fatorial 3 x 4 x 2, constando de três espécies florestais, quatro períodos de coleta (45, 90, 135, 180 dias) e dois locais, com três repetições (Imagem 1).

Determinação de metais

A determinação dos metais (Al, Cd, Co, Cr, Mn, Pb, Ni e Zn) foi realizado por Espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado com configuração axial (iCAP 6000 series, Thermos Scientific, Cambridge, Inglaterra). Os comprimentos de onda utilizados foram: 167,0 nm, 228,8 nm, 228,6 nm, 283,5 nm, 260,5 nm, 216,9 nm, 341,4 nm e 206,2 nm respectivamente. O fluxo do gás argônio e do gás auxiliar foi igual a 0,5 L/minuto. Para determinação dos metais, aproximadamente 0,2 g de cada amostra foram digeridas utilizando 3,0 ml de HNO₃ concentrado e levado ao forno de microondas fechado (Mars Xpress, Cem, Estados Unidos).

O programa de aquecimento consistiu de cinco etapas: 1º - 5 min, 400 W, 120 °C; 2º - 10 min, 800 W, 170 °C; 3º - 10 min, 1600 W, 220 °C; 4º - 10 min, 800 W; 170 °C; 5º - 5 min, 400 W 120 °C, em todas as etapas o tempo mantido foi igual a 5 minutos e o resfriamento por 10 minutos. Após a digestão, foi adicionado 2 ml de H₂O₂ 30% (v/v) para eliminação de resíduo orgânico e transferidos para tubos falcon de 15 ml e o volume foi ajustado com água deionizada.

Para avaliar a exatidão do método de digestão da matéria seca foram utilizadas duas amostras certificadas, SRM 1515 (Apple Leaves) e SEM 1547 (Peach Leaves), ambas do National Institute of Standards e Technology (NIST, Gaithersburg, Estados Unidos), submetido ao mesmo processo de abertura das amostras. As amostras foram digeridas em triplicata e os brancos analíticos foram preparados pelo mesmo procedimento sem a adição da amostra.

Análise Estatística

Os dados foram obtidos da média de três determinações para cada elemento analisado e calculado os respectivos desvios-padrão. A significância dos fatores estudados foi verificada pelo teste F e as médias comparadas por meio do teste de Tukey, em nível de significância de 5% (Pimentel-Gomes e Garcia, 2002).

Análise de Crescimento

As medições de crescimento foram efetuadas a cada 45 dias após a implantação do experimento durante 6 meses, as alturas foram medidas com auxílio de uma trena com aproximação de 1,0 mm e o diâmetro do colo das mudas foi medido com o auxílio de um paquímetro com aproximação de 0,1 mm. Tais medições foram realizadas, a fim de correlacionar as variáveis altura e diâmetro com os teores de metais presentes nas folhas das espécies em estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros Analíticos

O comprimento de onda, os respectivos coeficientes de determinação (R^2), obtidos para Al, Cd, Co, Cr, Mn, Pb, Ni e Zn, assim como os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) estão apresentados na Tabela 1. A partir dos valores de R^2 obtidos, as curvas analíticas apresentaram boa linearidade dentro das faixas de concentrações avaliadas.

As recuperações nas amostras ficaram entre 80-120% e apresentaram os seguintes valores: 101,6% (Al), 118,8% (Cd), 83,7% (Co), 101,1% (Cr), 100% (Mn), 100% (Pb), 102,4% (Ni) e 93,3% (Zn) demonstrando boa exatidão da metodologia proposta. Os valores obtidos no material de referência pelo método de digestão proposto estão apresentados na Tabela 2.

Em relação aos teores de Cd, Co e Pb, os mesmos foram menores que o limite de detecção (LD) para todas as espécies utilizadas neste trabalho, demonstrando que apesar dos testes analíticos terem sido bons para esses metais, é necessário a utilização de técnicas mais sensíveis para obtenção dos valores destes metais contidos na folhas das espécies em estudo.

Teores de metais em folhas

As folhas de *Euterpe oleracea* Mart. (Imagem 2), apresentaram maiores teores de metais em relação ao Al, Mn e Zn. O Al atingiu média 186,9 mg/kg em Barcarena e 165,9 mg/kg em Benevides, sendo esta diferença significativa ($p \leq 0,05$). Os maiores teores de Al foram encontrados na terceira coleta em Barcarena (639,4 mg/kg) e na quarta coleta em Benevides (409,5 mg/kg).

Em relação ao Mn, os valores médios encontrados foram 107,7 mg/kg e 92,7 mg/kg para Barcarena e Benevides respectivamente, porém esta diferença não foi significativa ($p > 0,05$). O Zn apresentou teores iguais a 33,3 mg/kg e 22,3 mg/kg para Barcarena e Benevides respectivamente, sendo tal diferença significativa ($p \leq 0,05$).

Para os demais metais, os mesmos apresentaram os seguintes teores: Ni (4,1mg/kg; 2 mg/kg) e Cr (1,2 mg/kg; 1,1 mg/kg) para Barcarena e Benevides respectivamente, sendo tal diferença significativa ($p \leq 0,05$) somente para Ni e não significativa ($p > 0,05$) para Cr.

As folhas de *Carapa guianensis* Aubl. (Imagem 3) apresentaram os maiores teores em relação ao Al, Mn e Zn. Os teores de Al atingiu média 181,8 mg/kg em Barcarena e 151,8 mg/kg em Benevides, sendo esta diferença não significativa ($p > 0,05$).

Em relação aos teores de Mn e Zn, os valores médios encontrados foram 18,1 mg/kg e 16,8 mg/kg e 27,8 mg/kg; 25,9 mg/kg para Barcarena e Benevides respectivamente, porém esta diferença não foi significativa ($p > 0,05$) para ambos os metais.

Os teores de Cr e Ni, apresentaram os seguintes teores: 0,7mg/kg/0,5 mg/kg e 1,8mg/kg/1,4 mg/kg para Barcarena e Benevides respectivamente, sendo tais diferenças significativas ($p \leq 0,05$) somente para Cr.

As folhas de *Hymenaea courbaril* L. (Imagem 4) apresentaram os maiores teores em relação ao Al, Mn e Zn. Os teores de Al atingiu média 168,5 mg/kg em Barcarena e 165,9 mg/kg em Benevides, sendo esta diferença não significativa ($p > 0,05$).

Em relação aos teores de Mn e Zn, os valores médios encontrados foram 67,8 mg/kg; 61,5 mg/kg e 23,1 mg/kg; 19,6 mg/kg para Barcarena e Benevides respectivamente, porém esta diferença não foi significativa ($p > 0,05$) para ambos os metais.

Os teores de Cr e Ni, apresentaram os seguintes teores: 1,0 mg/kg; 0,9 mg/kg e 3,6 mg/kg; 3,1 mg/kg para Barcarena e Benevides respectivamente, sendo tais diferenças não significativas ($p > 0,05$).

Em relação ao Al, constatou-se que os valores encontrados para as três espécies estudadas foram superiores quando comparados aos valores obtidos por Santos et al., (2012), para *Anacardium occidentale* (27,8 mg/kg) e *Byrsonima sericea*

(63,2 mg/kg). Já em relação a *Miconia albicans*, a mesma apresentou valores mais expressivos (2646,4 mg/kg) do que encontrado neste estudo. De acordo com Miguel *et al* (2010), a presença do Al reduz o crescimento e o desenvolvimento das raízes e diminui a absorção de nutrientes, o que é desfavorável para o desenvolvimento de plantas sensíveis a esse elemento.

Em trabalho desenvolvido por Pereira *et al.*, (2012a), utilizando quatro espécies arbóreas encontrou os seguintes teores de Mn nas folhas: 29,787 mg/kg para *Cordia africana* Lam, 26,397 mg/kg *Mimosa caesalpineafolia* Benth, 44,170 mg/kg para *Acacia angustissima* (Mill.) Ktze e 24,062 mg/kg para *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. Neste estudo os valores para esse metal foram superiores somente em relação a *Carapa guianensis* Aubl. (18,1 mg/kg). O manganês tem importante papel no metabolismo das plantas, atuando em processos de ativação de diferentes enzimas, síntese de clorofila e fotossíntese (Fageria, 2001).

Segundo Sorrato *et al.*, (2005), a deficiência de manganês afeta indiretamente as raízes, mediante dano provocado na parte aérea. Geralmente ocorrem clorose marginal e franzimento das folhas, clorose nas folhas mais novas semelhante à deficiência de ferro e manchas necróticas, principalmente nas folhas mais velhas.

Os teores de Zn foram maiores quando comparados aos valores obtidos por Santos *et al.*, (2012), para *Anacardium occidentale* (10,64 mg/kg), *Byrsonima sericea* (13,96 mg/kg) e *Miconia albicans* (11,54 mg/kg). Em relação ao trabalho desenvolvido por Pereira *et al* (2012a), os valores foram maiores somente em relação a espécie *Mimosa caesalpineafolia* Benth (23,362 mg/kg). O Zn interfere na utilização do Fe pelas folhas e talvez na produção de clorofila. O excesso de Zn causa distúrbios nutricionais graves em plantas, impedindo seu desenvolvimento, inclusive do sistema radicular (Costa *et al.*, 2004).

Os valores de Ni foram maiores, quando comparado ao estudo realizado por Lima *et al* (1997), o qual utilizou *Coriandrum sativum* (0,69 mg/kg) como bioindicador de poluição atmosférica. De acordo com Berton *et al.*, (2006), os sintomas de toxidez de Ni não estão bem definidos para os estádios iniciais de toxicidade, porém nos estádios moderados e agudos, a toxidez produz clorose, geralmente semelhante aos sintomas de deficiência de Fe.

Em relação ao Cr os valores foram inferiores quando comparados com o obtido por Ramos e Geraldo (2007), o qual avaliou *Avicennia schauriana* (5,4 mg/kg), *Laguncularia racemosa* (3,19 mg/kg) e *Rhizophora mangle* (3,50 mg/kg), como bioindicador de poluição por metal pesado. Segundo Pereira *et al* (2012b), o Cr tem a capacidade de atravessar membranas biológicas, agindo como oxidante, interferindo na absorção de nutrientes e na fotossíntese.

Parâmetros de crescimento

Em relação à altura das mudas, constatou-se que *Carapa guianensis* Aubl. atingiu maior crescimento, seguida pela *Euterpe oleracea* Mart, e *Hymenaea courbaril* L. em ambos os locais de estudo, sendo que as mudas implantadas em Benevides apresentaram maior altura para todas as espécies estudadas (Tabela 3).

A correlação entre as variáveis período de coleta e espécie foi altamente significativo para *Euterpe oleracea* Mart. e *Carapa guianensis* Aubl., para *Hymenaea courbaril* L. a correlação foi significativa.

Com relação ao diâmetro das mudas (Tabela 4), constatou-se que *Euterpe oleracea* Mart atingiu maior diâmetro, seguida pela *Carapa guianensis* Aubl., e *Hymenaea courbaril* L. em ambos os locais de estudo, sendo que as mudas implantadas em Benevides apresentaram maior diâmetro para todas as espécies estudadas.

A correlação entre as variáveis período de coleta e espécie foi significativo para *Euterpe oleracea* Mart. e *Hymenaea courbaril* L., para *Carapa guianensis* Aubl. a correlação não foi significativa (Tabela 4).

Em relação aos parâmetros de crescimento do vegetal (altura / diâmetro), os maiores valores foram observados em Benevides para todas as espécies estudadas, tal característica pode está relacionado ao menor teor de metais encontrados na folha quando comparado com Barcarena. Segundo Gomes *et al* (2011), os metais desencadeiam respostas fisiológicas e alterações em níveis estruturais e ultraestruturais, como danificação de lipídeos de membrana, proteínas, ácidos nucléicos, expressos em sintomas visuais como a redução no crescimento, produtividade e alterações morfológicas.

4. CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que as espécies estudadas, em ambos os locais apresentaram maiores teores em seus tecidos foliares em relação ao Al, Mn e Zn, sendo as maiores concentrações encontradas no município de Barcarena. Tendo destaque a *Euterpe oleracea* Mart., que pode ser utilizada como indicadora da presença destes metais nesta área de estudo.

Verificou-se uma influência das atividades industriais desenvolvidas no município de Barcarena para o aumento dos teores de metais, pois para todas as espécies utilizadas apresentaram maiores concentrações neste município. Além disso, observou-se uma correlação entre os teores de metais com os parâmetros de crescimento (altura e diâmetro), pois quanto maior o teor de metais presentes nas folhas, menor o crescimento das mudas utilizadas neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor.

Ao Laboratório de Toxicologia da Seção de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas (IEC/SVS/MS) pela ajuda tecnológica na obtenção dos teores dos metais.

TABELAS

Tabela 1 - Dados relativos às curvas de calibração de Al, Cd, Co, Cr, Mn, Pb, Ni e Zn e limiares analíticos.

Elemento	Faixa Linear (mg/L ⁻¹)	Comprimento de onda (nm)	R ²	LD (mg/L ⁻¹)	LQ (mg/L ⁻¹)
Al	0,0 – 3,2	167,0	0,9995	0,0000929	0,003098
Cd	0,0 – 3,2	228,8	0,9990	0,000241	0,000803
Co	0,0 – 3,2	228,6	0,9987	0,000371	0,001235
Cr	0,0 – 3,2	283,5	0,9990	0,000553	0,001844
Mn	0,0 – 3,2	260,5	0,9991	0,000218	0,000727
Pb	0,0 – 3,2	216,9	0,9980	0,008191	0,027305
Ni	0,0 – 3,2	341,4	0,9991	0,005180	0,017268
Zn	0,0 – 3,2	206,2	0,9990	0,000159	0,000530

Tabela 2 - Resultados analíticos obtidos para Al, Cd, Co, Cr, Mn, Pb, Ni e Zn em amostras certificadas (Peach Leaves 1547 e Apple Leaves 1515).

Amostra	Elemento	Valor medido (mg/kg)	Valor certificado (mg/kg)	Recuperação (%)
Peach 1547	Co	0,058 ± 0,001	0,07	83,7
	Cr	1,01 ± 0,04	1,00	101,1
	Mn	98 ± 0,18	98	100,0
Apple 1515	Al	293,7 ± 11,5	286	101,6
	Cd	0,015 ± 0,0008	0,013	118,8
	Pb	0,47 ± 0,028	0,47	100,0
	Ni	0,93 ± 0,053	0,91	102,4
	Zn	11,6 ± 0,22	12,5	93,3

Tabela 3 - Comprimento médio da altura (cm) de *Euterpe oleracea* Mart., *Carapa guianensis* Aubl. e *Hymenaea courbaril* L., 45; 90; 135 e 180 dias após o experimento. Benevides-PA / Barcarena-PA, 2012.

	Benevides			Barcarena		
	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	<i>Hymenaea courbaril</i> L.
45	18,3±0,9 d	59,3±2,3 a	29,7±2,2 c	18±0,6 b	58,3±2,3 a	29±1,7 a
90	38,8±1,5 c	62±4,2 a	42±6,0 bc	35,7±2,8 a	59,3±2,0 a	31±0,6 a
135	55±2,0 b	78,3±3,2 b	47±3,6 ab	36,7±2,3 a	60,7±2,8 a	33±1,7 a
180	66,7±5,7 a	83,3±3,8 b	60,3±7,6 a	44±2,0 a	61,3±3,5 a	34±3,6 a
Teste F	**	**	*	**	**	*
C.V.(%)	12,0	8,6	18,1	12,0	8,6	18,1

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 4 - Comprimento médio do diâmetro (mm) *Euterpe oleracea* Mart., *Carapa guianensis* Aubl. e *Hymenaea courbaril* L., 45; 90; 135 e 180 dias após o experimento. Benevides-PA / Barcarena-PA, 2012.

	Benevides			Barcarena		
	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	<i>Hymenaea courbaril</i> L.
45	13,0±2,1 b	7,8±0,4 b	4,3±0,3 a	6,3±0,3 c	6,3±0,3 c	4,0±0,0 a
90	13,0±0,6 b	9,3±0,3 b	5,0±0,3 b	9,5±0,8 bc	7,8±0,2 bc	4,0±0,3 a
135	13,5±0,6 ab	9,7±0,7 ab	5,3±0,3 b	12,3±0,3 ab	8,0±0,0 ab	4,5±0,4 a
180	17,0±5,4 a	11,2±3,6 a	7,7±2,3 b	12,3±5,1 a	9,2±3,0 a	5,2±1,4 a
Teste F	*	NS	*	*	NS	*
C.V.(%)	13,3	6,4	11,0	13,3	6,4	11,0

FIGURAS

	Áreas de Estudo					
	Barcarena (L1)			Benevides (L2)		
Bloco 1 (B1)	AB1E1L1	JB1E1L1	ANB1E1L1	AB1E1L2	JB1E1L2	ANB1E1L2
	AB1E2L1	JB1E2L1	ANB1E2L1	AB1E2L2	JB1E2L2	ANB1E2L2
	AB1E3L1	JB1E3L1	ANB1E3L1	AB1E3L2	JB1E3L2	ANB1E3L2
	AB1E4L1	JB1E4L1	ANB1E4L1	AB1E4L2	JB1E4L2	ANB1E4L2
Bloco 2 (B2)	AB2E1L1	JB2E1L1	ANB2E1L1	AB2E1L2	JB2E1L2	ANB2E1L2
	AB2E2L1	JB2E2L1	ANB2E2L1	AB2E2L2	JB2E2L2	ANB2E2L2
	AB2E3L1	JB2E3L1	ANB2E3L1	AB2E3L2	JB2E3L2	ANB2E3L2
	AB2E4L1	JB2E4L1	ANB2E4L1	AB2E4L2	JB2E4L2	ANB2E4L2
Bloco 3 (B3)	AB3E1L1	JB3E1L1	ANB3E1L1	AB3E1L2	JB3E1L2	ANB3E1L2
	AB3E2L1	JB3E2L1	ANB3E2L1	AB3E2L2	JB3E2L2	ANB3E2L2
	AB3E3L1	JB3E3L1	ANB3E3L1	AB3E3L2	JB3E3L2	ANB3E3L2
	AB3E4L1	JB3E4L1	ANB3E4L1	AB3E4L2	JB3E4L2	ANB3E4L2
Número de Amostras	36			36		

Imagem 1: Croqui do experimento. **Legenda:** A = Açai; J = Jatobá; AN = Andiroba; B = Bloco; E = Período de coelta; L = Local.

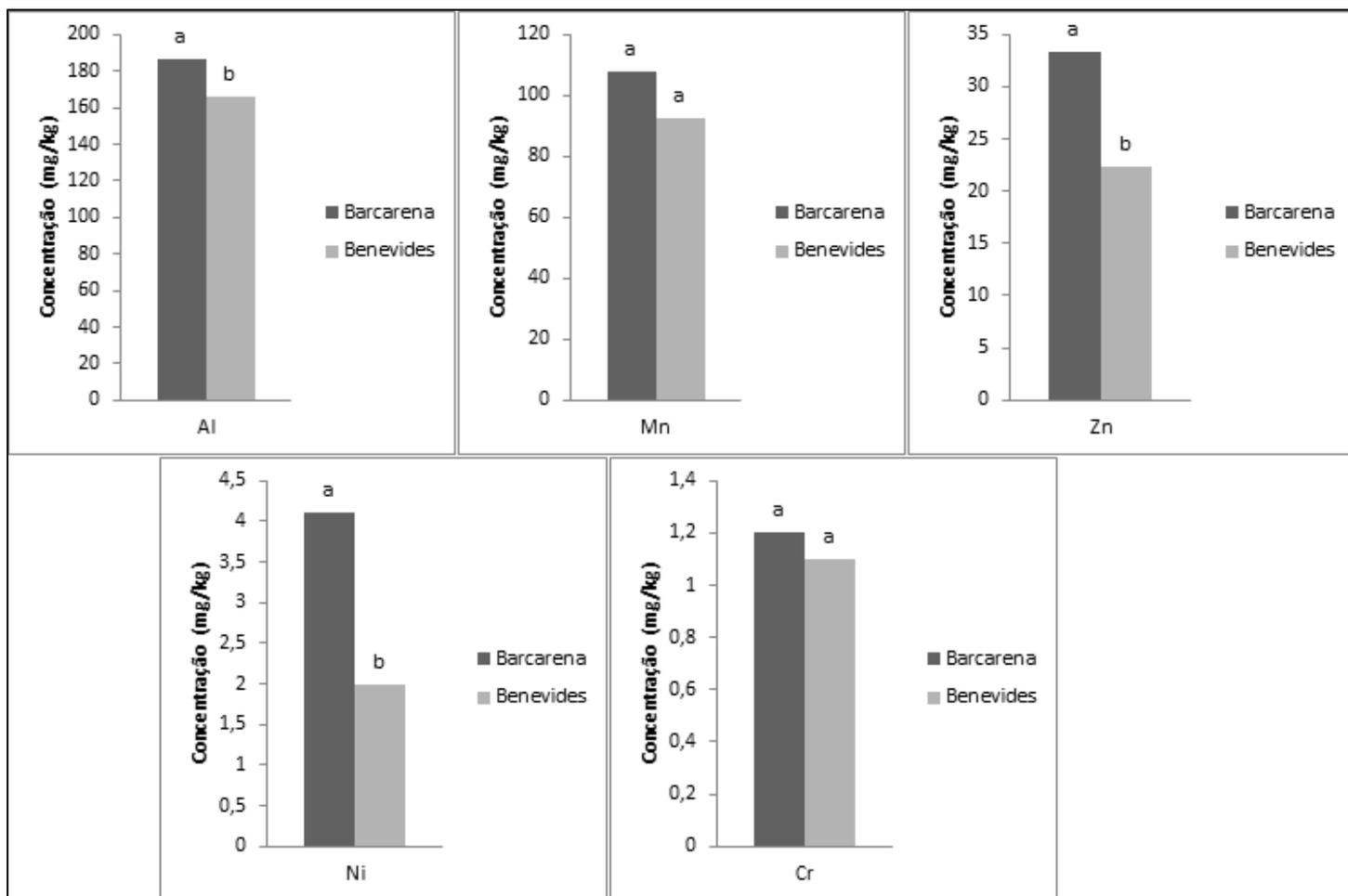


Imagem 2: Teores de Al, Mn, Zn, Cr e Ni, encontrados em folhas de *Euterpe oleracea* Mart. *Os valores apresentados nos gráficos, foram médias obtidas a partir das quatro coletas realizadas. **Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

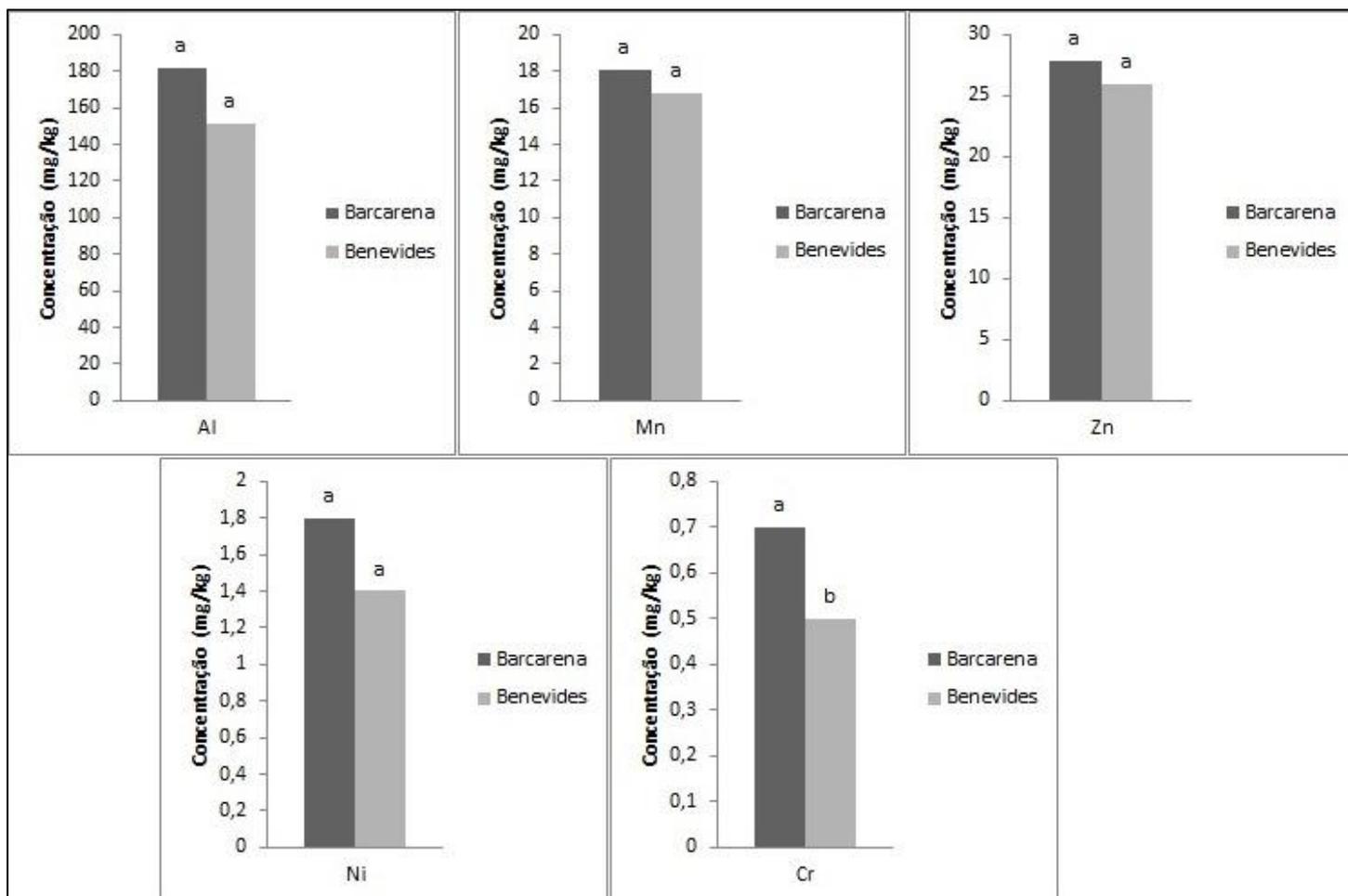


Imagem 3: Teores de Al, Mn, Zn, Cr e Ni, encontrados em folhas de *Carapa guianensis* Aubl. *Os valores apresentados nos gráficos, foram médias obtidas a partir das quatro coletas realizadas. **Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

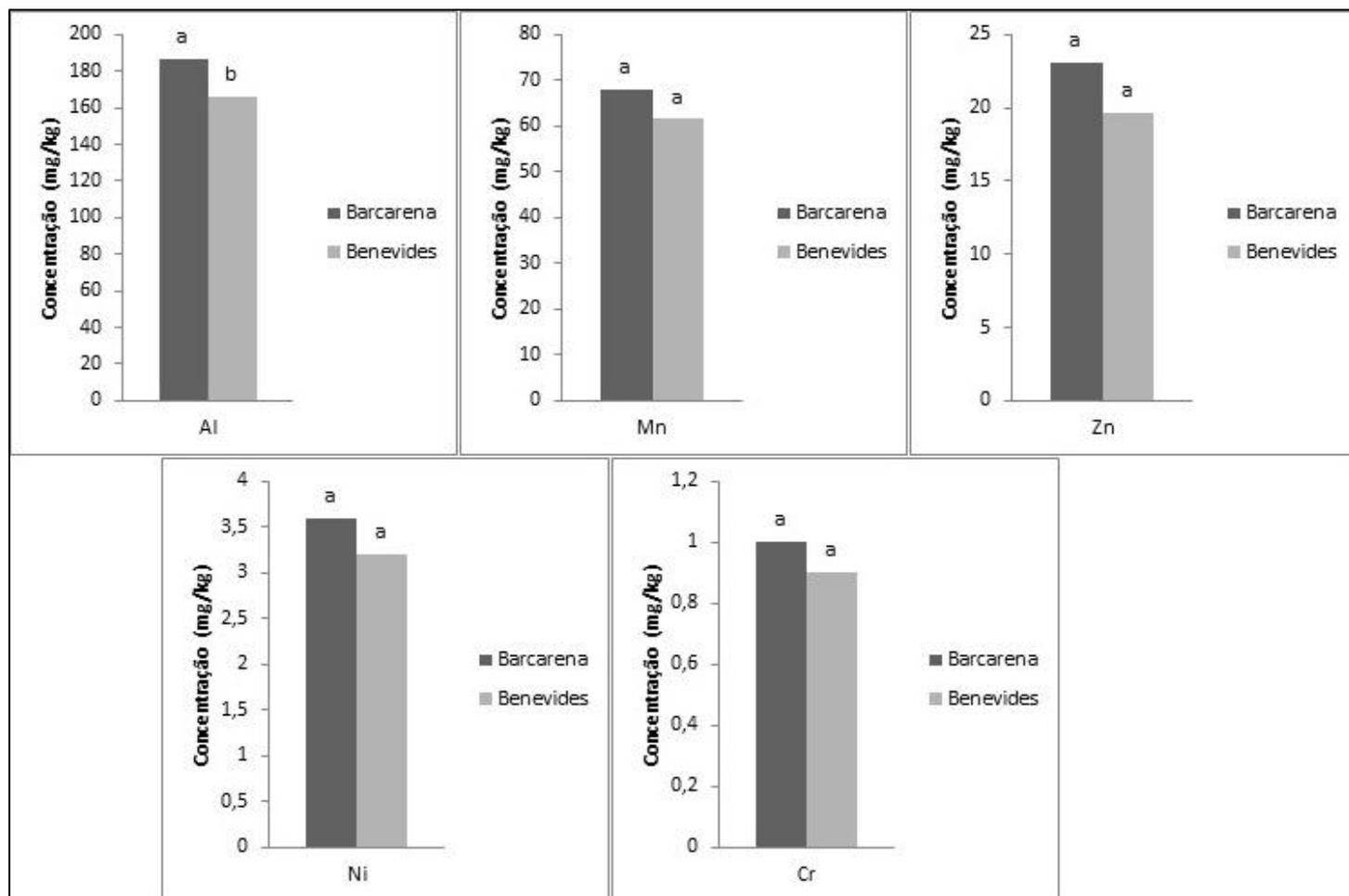


Imagem 4: Teores de Al, Mn, Zn, Cr e Ni, encontrados em folhas de *Hymenaea courbaril* L.*Os valores apresentados nos gráficos, foram médias obtidas a partir das quatro coletas realizadas. **Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arndt, U.; Weistein, L. **Efeitos do flúor sobre as plantas: diagnose de danos na vegetação do Brasil**. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

Alumínio Brasileiro (ALBRAS). Relatório Anual. 2012.

Associação Brasileira do Alumínio (ABAL). **Proposta de limites de emissões atmosféricas de fontes fixas, para fábricas existentes, da indústria brasileira de alumínio primário**. 2010.

Berton, R. S.; Pires, A. M. M.; Andrade, S. A. L. Abreu, C. A. Ambrosano, E. J.; Silveira, A. P. D. Toxicidade do níquel em plantas de feijão e efeitos sobre a microbiota do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p.1305-1312, 2006.

Carneiro, R. M. A.; Takayanagui, A. A. M. Estudos sobre bioindicadores vegetais e poluição atmosférica por meio de revisão sistemática da literatura. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.2, p.26-44, 2009.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006.

Costa, A. C. S.; D'Oliveira, L. F. L.; Sandir, P. Silva, M. A. G.; Gil, L. G.; Rocha, R. A. A. Acúmulo de Zn, Fe e Pb em plantas de crisântemo após cultivo em substrato contendo doses de resíduo industrial de galvanoplastia. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 26, p. 407-411, 2004.

Fageria, V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, p.1269-1290, 2001.

Gomes, M. P.; Marques, T. C. L. L. S.; Nogueira, M. O. G.; Silva, G. H.; Castro, E. M.; Soares, A. M. Efeitos dos rejeitos da indústria de zinco na anatomia e crescimento de plantas jovens de *Salix humboldtiana* Willd. (salgueiro). **Hoehnea**, v. 38, p. 135-142, 2011.

Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará (IDESP). **Estatística Municipal: Barcarena/Benevides**, 2013.

Klumpp, A., 2001, Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais. In: Maia, N. B.; Martos, H. L.; Barrela, W. (orgs.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. 77-90.

Lima, J.S.; Carvalho Filho, D.M.; Couto, E.; Korn, M.G.A.; Melo, M. H.; Gomes, C.T. Capim-santo (*Cymbopogon citratus*) como bioindicador de poluição atmosférica no Pólo Petroquímico de Camaçari – BA. **Revista Brasileira de Ecologia**, v. 1, p. 95-98, 1997.

Magalhães, L. C.; Nalini Junior, H. A.; Lima, A. C.; Coutrim, M. X. Determinação de metais traço no material particulado em suspensão em ouro preto, minas gerais. **Revista Química Nova**, v. 33, p. 519-523, 2010.

Miguel, P. S. B.; Gomes, F. T.; Rocha, W. S. D.; Martins, C. E.; Carvalho, C. A.; Oliveira, A. V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **Revista Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora**. v. 24, p. 13-30, 2010.

Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Brooks, T. M.; Pilgrim, J. D.; Konstant, W. R.; Fonseca, G. A. B.; Kormos, C. Wilderness and biodiversity conservation. **PNAS**, v. 100, p. 10309–10313, 2003.

Muniz, D. H. F.; Oliveira-Filho, E. C. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. **Universitas: Ciências da Saúde**, v.4, p. 83-100, 2006.

Nascimento, W. M. O.; Silva, W. R. Comportamento fisiológico de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) submetidas à desidratação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, p. 349-351, 2005.

Nahum, J. S. Usos do território e poder do atraso em Barcarena (Pará). **Revista Colombiana de Geografía**, v. 20, p. 47-54, 2011.

Nriagu, J. O.; Pacyna, J. M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils with trace metals. **Nature**, v. 33, p. 134-139, 1988.

Oliveira, R. C. B.; Marins, R. V. Dinâmica de Metais-Traço em Solo e Ambiente Sedimentar Estuarino como um Fator Determinante no Aporte desses Contaminantes para o Ambiente Aquático: Revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 3, p. 88-102, 2011.

Pereira, A. C. C.; Rodrigues, A. C. D.; Santos, F. S. S.; Guedes, J. N.; Sobrinho, N. M. B. A. Concentração de metais pesados em espécies arbóreas utilizadas para revegetação de área contaminada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 641-647, 2012a.

Pereira, P. A. P.; Lopes, W. A.; Carvalho, L. S.; Rocha, G. O.; Bahia, N. C.; Loyola, J.; Quiterio, S. L.; Escaleira, V.; Arbilla, G.; de Andrade, J. B. Atmospheric concentrations and dry deposition fluxes of particulate trace metals in Salvador, Bahia, Brazil. **Atmospheric Environment**, v. 41, p. 7837-7850, 2007.

Pereira, P. F.; Antunes, F.; Braga, V. F.; Resende, C. F.; Ribeiro, C.; Peixoto, P. H. P. Pigmentos lipossolúveis e hidrossolúveis em plantas de salvinia sob toxicidade por cromo. **Planta Daninha**, v. 30, p. 397-703, 2012b.

Pimentel-Gomes, F.; Garcia, C. H. **Estatística Aplicada a experimentos agrônomo florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

Querino, R. B.; Tonini, H.; Marsaro Junior, A. L. Teles, A. S., Costa, J. A. M. Predação de Sementes de Andiroba (*Carapa* spp.) por *Hypsipyla ferrealis* Hampson (Lepidoptera, Pyralidae) em Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 19 p.

Ramos, M. G. M.; Geraldo, L. P. Avaliação das espécies de plantas *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* como bioindicadoras de poluição por metais pesados em ambientes de mangues. **Revista Engenharia Sanitária**, v.12, p. 440-445, 2007.

Santos, O. M.; Guedes, M. L. S.; Araújo, C. V. M. Potencial de espécies vegetais nativas do pólo industrial de Camaçari (BA, Brasil) como acumuladoras de elementos químicos contidos na poluição atmosférica. **Journal of the Brazilian Society Ecotoxicology**, v.7, p.15-20, 2012.

Soratto, R. P; Silva, T. R. B.; Borghi, E.; Silva, L. M.; Rosolem, C. A. Resposta de quatro cultivares de feijão ao manganês em solução nutritiva. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 11, p. 235-240, 2005.

Souza, L. C. D.; Sá, M. E.; Moraes, S. M. B.; Carvalho, M. A. C.; Silva, M. P.; Abrante, F. L. Composição química e nutrientes em sementes das espécies florestais pente de macaco, flor de paca, itaúba, jatobá e murici manso. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 478-483, 2012.

3. CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados demonstram que as espécies estudadas, em ambos os locais apresentaram maiores teores em seus tecidos foliares em relação ao Al, Mn e Zn, sendo as maiores concentrações encontradas no município de Barcarena. Tendo destaque a *Euterpe oleracea* Mart., que pode ser utilizada como indicadora da presença destes metais nesta área de estudo.

Verificou-se uma influência das atividades industriais desenvolvidas no município de Barcarena para o aumento dos teores de metais, pois para todas as espécies utilizadas apresentaram maiores concentrações neste município. Além disso, observou-se uma correlação entre os teores de metais com os parâmetros de crescimento (altura e diâmetro), pois quanto maior o teor de metais presentes nas folhas, menor o crescimento das mudas utilizadas neste trabalho.

ANEXO



Escopo

- A Revista Brasileira de Ciências Ambientais – *RBCIAMB* - publica artigos completos de trabalhos científicos originais ou trabalhos de revisão com relevância para a área de Ciências Ambientais. A *RBCIAMB* prioriza artigos com perspectiva interdisciplinar. O foco central da revista é a discussão de problemáticas que se inscrevam na relação sociedade e natureza em sentido amplo, envolvendo aspectos ambientais em processos de desenvolvimento, tecnologias e conservação. A submissão dos trabalhos é de fluxo contínuo.

Língua

- A *RBCIAMB* publica artigos em Português e em Inglês.

Submissão

- Os artigos submetidos à *RBCIAMB* devem ser inéditos e estar dentro do escopo da revista.
- Todo o processo de submissão e análise é feito por via eletrônica, através do email **rbciamb@gmail.com**. Os arquivos devem estar em MSWord, ter no máximo 10Mb com todo o conteúdo do artigo, arquivos com figuras ou mapas de formato superior devem ser editadas de forma a serem compatíveis com a limitação apresentada.
- Os trabalhos, sempre que possível, devem ser organizados com a seguinte estrutura: título em português e inglês, nome dos autores, afiliação dos autores com cidade e estado, resumo, *abstract*, palavras-chave, *key words*, introdução, objetivos, materiais e métodos, resultados e discussão, conclusões e referências.
- Resumos com no máximo 150 palavras.

- O texto deverá ser formatado para um tamanho de página A-4, margens 3 cm para esquerda e superior, e 2 cm inferior e direita. As páginas deverão ser devidamente numeradas. Deve ser empregada fonte Calibri, corpo 10. O espaçamento entre as linhas deverá ser 1,15. O texto integral do artigo não deve ultrapassar 20 páginas.

Figuras e tabelas

- O tamanho máximo que pode ter figura e tabela é de uma página A4;
- Tabelas e figuras devem ser limitadas a 5 no conjunto;
- Serão aceitos artigos com tabelas ou figuras. Quadros serão identificados como tabela. Todos os gráficos, desenhos, figuras e fotografias devem ser denominados “Figura”.
- Não se escreve “FONTE” abaixo ou acima de figura ou tabela, o correto é citar a referência no texto referente ao objeto (figura ou tabela).
- As figuras e tabelas devem ser numeradas em ordem crescente de acordo com a sua inserção no texto.
- Legendas de tabelas são colocadas acima das tabelas e de figuras abaixo.

Referências

- A Revista Brasileira de Ciências Ambientais adota as normas vigentes da ABNT 2002 - NBR 6023.

Avaliação

- Toda contribuição submetida à *RBCIAMB* é encaminhada para revisores *ad-hoc*. No caso dos revisores solicitarem alterações as mesmas devem ser realizadas num período de até 30 dias ou a critério do Editor. O autor responsável deverá encaminhar uma versão corrigida do manuscrito identificando as alterações realizadas ou enviar documento anexo detalhando todas as correções, indicando página e linha onde foram feitas.

Copyright:

- O conteúdo dos artigos é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es), que declaram se responsabilizar por qualquer reclamação de terceiros quanto a conflitos envolvendo direitos autorais, assumindo e isentando a RBCIAMB de qualquer pendência envolvendo suas publicações. Os autores que encaminharem seus artigos cedem à RBCIAMB os respectivos direitos de reprodução e/ou publicação.

Sistema de Cobrança

- Em função de estarmos sem fonte de financiamento, a Revista Brasileira de Ciências Ambientais, a partir de 2013, passou a cobrar taxa de contribuição por submissão de manuscritos. O valor é de **R\$ 50,00** por manuscrito submetido à avaliação. Os editores esperam contar com a colaboração de todos os autores, no sentido de garantir a continuidade da revista. A taxa de submissão não será restituída caso o manuscrito seja recusado, e o pagamento da taxa não garante o aceite do artigo, que passará normalmente pelo processo de avaliação.