



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

*Dissertação de Mestrado*



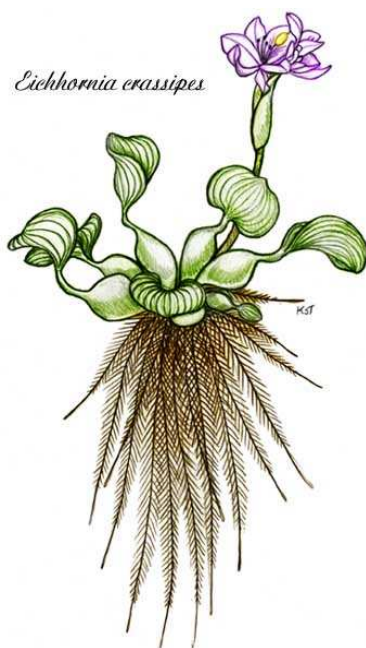
Alometria foliar, biomassa e fitoacumulação de cromo em  
*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms

Cátia Viviane Gonçalves

Porto Alegre, agosto de 2006

Alometria foliar, biomassa e fitoacumulação de cromo  
em *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms

Cátia Viviane Gonçalves



Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ecologia, área de concentração: Ecologia Aquática.

Orientador:

Prof. Dr. Albano Schwarzbald

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Antônio Fernando Monteiro Camargo

Prof. Dr. Bruno Edgar Irgang

Prof. Dr. Odorico Konrad

Porto Alegre, agosto de 2006

Liebe...

macht aus jeder Träne einen Tropfen Glück.

Sybille Seidel

Quem já passou pelos momentos de aflição e angústia que envolvem a elaboração de uma dissertação, irá entender o quanto a frase acima me animava quando era dita pelo meu marido e meu grande entusiasta.

## AGRADECIMENTOS

De forma especial agradeço:

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, nas pessoas da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Maria Hartz, coordenadora, e da Silvana Barzotto, secretária, pela excelente qualificação do quadro docente, estrutura de apoio, atenção e encaminhamento competente e paciente das demandas do quadro discente.

Ao meu *eterno* orientador Prof. Dr. Albano Schwarzbald. Posso garantir que, a cada atividade profissional minha, serás sempre lembrado e honrado.

À minha segunda casa, UNIVATES, pelo apoio e credibilidade que foram, e são, depositadas em meu trabalho diário.

Aos *alemães*, na pessoa da Bióloga Sabine Heinle, do *Baden-Württembergisches Brasilien-Zentrum der Universität Tübingen*, que me suportaram durante 79 dias, dando todo o carinho, amizade e paciência.

Aos demais, que por tantos serem, não cito nominalmente, fechem os olhos e sintam o cheiro de chuva e mato fresco e, se o puderem sentir, tenham certeza que fizeram parte da minha vida, de forma que esse trabalho é um pouco de vocês também.



## SUMÁRIO

Lista de figuras	
Apresentação	
Resumo	
Abstract	
Introdução.....	11
Referências bibliográficas.....	22
Capítulo I.....	27
Artigo científico.....	28
Regulamento para apresentação de contribuições.....	43
Classificação da revista - Qualis/CAPES.....	46
Capítulo II.....	47
Artigo científico.....	48
Regulamento para apresentação de contribuições.....	60
Classificação da revista - Qualis/CAPES.....	62
Anexos.....	63

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Formas biológicas das plantas aquáticas. 1 – anfíbia, 2 – emergente, 3 - flutuante fixa, 4 - flutuante livre (aqui representada uma *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), 5 - submersa fixa, 6 - submersa livre e 7 - epífita (adaptado de Pott & Pott, 2000).
- FIGURA 2 - Estruturas de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. 1 – Flor, 2 – Limbo, 3 – Pecíolo, 4 – Rizoma (parcialmente visível) e 5 – Raiz (adaptado de Simpson & Sanderson, 2002).
- FIGURA 3 - Vista geral da Lagoa dos Ruschel, município de Lajeado/RS.
- FIGURA 4 - Folha de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms indicando os dados alométricos coletados (destaque para os dados diferenciados de pecíolo e limbo).
- FIGURA 5 - Croqui demonstrativo dos tanques piloto e a distribuição aleatória dos tratamentos.

## APRESENTAÇÃO

A presente dissertação foi elaborada na forma de dois artigos científicos acompanhados de texto introdutório, conforme previsto no regimento do Programa de Pós-Graduação em Ecologia em seu capítulo VII, artigo 34, parágrafo 3º, seguindo as diretrizes aprovadas pela comissão coordenadora em 18 de junho de 2001 que aprova o “Modelo para dissertações e teses no formato de artigo” (Anexo I).

Assim, foram elaborados dois artigos científicos, os quais estão compilados e compõem “Capítulo I” e “Capítulo II” do presente documento. Desta forma, espera-se empreender maior agilidade quanto a etapa de submissão destes aos periódicos científicos selecionados para publicação, condição fundamental para obtenção do grau de Mestre em Ecologia nos devidos termos do capítulo VIII, artigo 36, alínea “e”, do referido regulamento.

As pesquisas realizadas para a elaboração dos presentes artigos, foram desenvolvidas junto ao Laboratório de Limnologia do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com o Setor de Botânica e



Paleobotânica do Museu de Ciências Naturais da UNIVATES, sob coordenação dos professores Dr. Albano Schwarzbald (UFRGS) e Dr. André Jasper (UNIVATES).

Os capítulos estão apresentados conforme as normas dos periódicos aos quais se pretende encaminhar os trabalhos após a revisão pelos membros da banca. Cada capítulo é constituído pelo artigo científico, pelas normas de apresentação de trabalhos ao periódico e também pela classificação do periódico pela CAPES/QUALIS.

## RESUMO

Nos ambientes aquáticos tropicais, o crescimento das macrófitas aquáticas é favorecido pelas altas temperaturas e elevada intensidade de radiação solar. Nestas condições, tal crescimento pode subsidiar efetivamente a manutenção das cadeias tróficas e os fluxos de energia dos ambientes aquáticos naturais ou até mesmo construídos. Considerando que as alterações ao longo do tempo na diversidade das macrófitas aquáticas ocorrem pelas variações na biomassa e na abundância relativa das espécies, o presente trabalho limitou sua pesquisa a espécie *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Deste modo, são apresentados dois artigos científicos desenvolvidos sobre o tema: um enfocando o ambiente natural e as relações alométricas foliares da espécie com sua biomassa e outro desenvolvido em ambiente construído (estação de tratamento de efluentes) onde foram introduzidos exemplares da espécie com o objetivo de avaliar a capacidade depuradora em um sistema aquático contendo cromo e sua reação ao elemento químico. A conexão dos dois artigos desenvolvidos está no fato de que o primeiro faz uma definição e avaliação detalhada da metodologia a ser utilizada (não destrutiva) e o segundo aplica o método, já devidamente aferido, em plantas desenvolvidas em ambiente construído e com acentuada concentração de contaminantes. Desta forma, o presente trabalho, além de estabelecer uma nova metodologia de determinação de biomassa vegetal com base em dados alométricos, utiliza o mesmo para definir a eficiência de *Eichhornia crassipes* no processo de depuração de efluentes da indústria de couro.

Palavras-chave: aguapé, alometria, ambiente natural, cromo, sistema de tratamento terciário.

## ABSTRACT

In tropical aquatic environments, the growth of the aquatic macrophytes is favored had to the high temperatures and the raised intensities of solar radiation. In these conditions, such growth can effectively subsidize the maintenance of the trophic chains and the flows of energy of natural aquatic environments or even though constructed. Considering that the alterations in the diversity of aquatic macrophytes throughout the time occur for the substitution and variations in the biomass and relative abundance of the species, the present work limited its research the species *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms and presents two developed scientific articles on the subject: one focusing the natural environment and the allometry leaf relations of the species with its biomass and developed other in constructed environment (station of treatment of effluent) where had been introduced exemplary of the specimen with the objective to evaluate the depurant capacity in aquatic system contends chromium and its reaction to the chemical element. The connect of two produced articles is in the fact of that the first one makes a definition and detailed evaluation of the methodology to be used (not destructive) and as it applies the method, already duly surveyed, in plants developed in environment constructed and with accented concentration of contaminantes. In such a way, the present work, beyond establishing a new methodology of determination of vegetal biomass on the basis of given allometric, uses the same to define the efficiency of *Eichhornia crassipes* in the process of purification of effluent of the leather industry.

Keywords: water hyacinth, allometry, natural environment, chromium, tertiary treatment system.

## INTRODUÇÃO

Ao se discutir temas relacionados às macrófitas aquáticas, é fundamental que, inicialmente, seja esclarecida a terminologia a ser utilizada, tanto no que se refere aos seus ambientes originais de desenvolvimento e sua importância, quanto ao que se relaciona à própria definição desse grupo de plantas.

De modo amplo, as macrófitas aquáticas ocorrem em zonas úmidas (Pedralli, 2003; Pedralli & Teixeira, 2003), como definido pela Convenção Ramsar (1971). Conforme Maltchik (2003), a definição mais aceita internacionalmente para as *wetlands* (áreas ou zonas úmidas) é aquela que determina que elas são “extensões de brejos, pântanos e turfeiras, ou superfícies cobertas de água, sejam de regime natural ou artificial, permanentes ou temporárias, estancadas ou correntes, doces, salobras ou salgadas, incluídas as extensões de água marinha cuja profundidade na maré baixa não exceda os seis metros”.

Além disso, de acordo com Tiner (1999) as áreas úmidas são as manchas de maior produtividade e diversidade biológica do planeta, sendo ela, em geral, áreas de

transição entre ambientes terrestre e aquático, reunindo informações biológicas de ambos os ecossistemas. Nesse sentido, são considerados por Taylor *et al.* (1995) locais estratégicos para a conservação da biodiversidade.

Além disso, as áreas úmidas, em seu estado natural, são consideradas por Vuuren & Roy (1993) fontes de benefício substancial para a sociedade. A disponibilidade dos recursos hídricos é um aspecto importante para o desenvolvimento sustentável de uma região.

Com base em Jepsen & Winemiller (2002), atualmente as áreas úmidas cobrem grandes extensões de área nos trópicos em geral, e em específico no Brasil. Ainda de acordo com esses autores, estas áreas têm funções importantes na paisagem como armazenamento de água, tampão climático local, fonte e receptor em ciclos biogeoquímicos, habitat para plantas e animais altamente adaptados, habitat para populações humanas, áreas de produção de peixes, gado, agricultura, floresta e pontos focais para o turismo.

Desta forma, em relação aos seus ambientes originais de desenvolvimento, destaca-se o que afirmam Irgang & Gastal Jr. (1996) quando dizem que as macrófitas aquáticas são os vegetais que melhor caracterizam as áreas úmidas por estarem adaptadas a ambientes alagados.

Do ponto de vista de definição das macrófitas aquáticas, conforme Irgang & Gastal (1996) elas têm suas partes fotossintetizadoras permanentemente, ou por diversos meses todos os anos, total ou parcialmente submersas em água doce ou salobra, ou ainda podendo ser flutuantes na mesma, sendo que estão presentes em todos os ecossistemas aquáticos, variando somente a composição entre si. Ainda de acordo com Irgang & Gastal (1996) normalmente, as plantas aquáticas têm uma distribuição mais ampla do que a maioria das plantas terrestres, fato decorrente da pequena variação sofrida pelos fatores do ambiente aquático, o que possibilita às macrófitas aquáticas uma ampla distribuição fitogeográfica, possibilitando o aparecimento de muitas espécies cosmopolitas.

Soma-se a isto a grande variedade de forma biológicas que as macrófitas aquáticas podem apresentar, variando de acordo com Pott & Pott (2000) desde anfíbias até epífitas (Fig. 1).

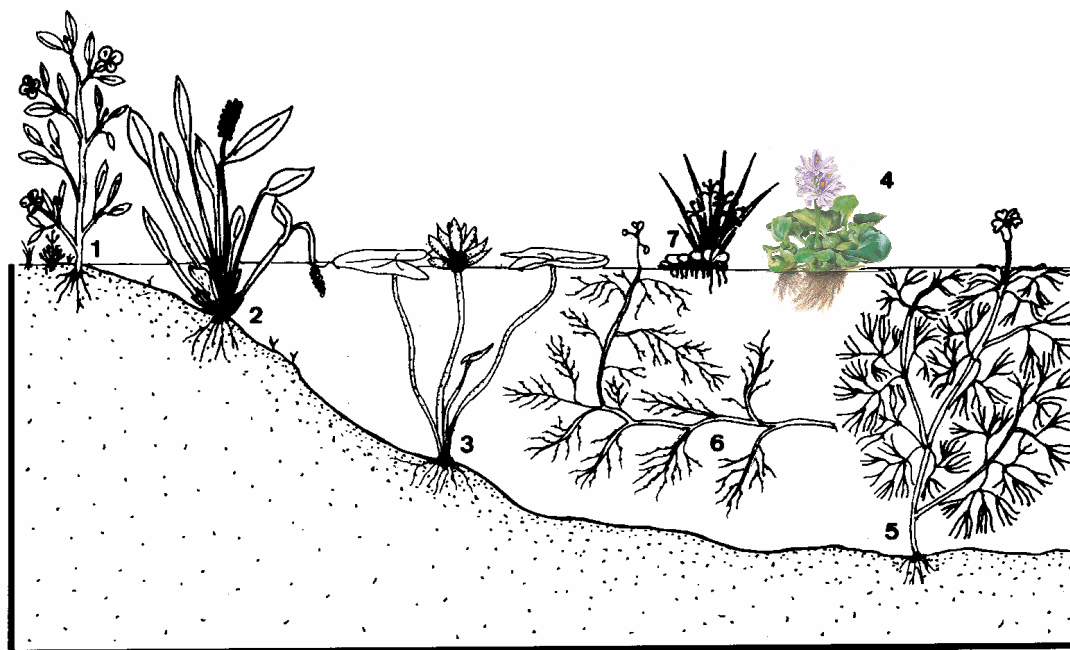


FIGURA 1 – Formas biológicas das plantas aquáticas. 1 – anfíbia, 2 – emergente, 3 - flutuante fixa, 4 - flutuante livre (aqui representada uma *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), 5 - submersa fixa, 6 - submersa livre e 7 - epífita (adaptado de Pott & Pott, 2000).

Somado a estes aspectos descritivos básicos, destaca-se o fato de que, para pesquisadores como Zhu *et al.* (1999), Del Bubba *et al.* (2003) e Meuleman *et al.* (2004) as áreas úmidas, e conseqüentemente as macrófitas aquáticas, são consideradas “áreas de depuração”, tendo em vista que absorvem com grande eficiência os elementos contidos no seu meio, no caso a água.

Uma das macrófitas aquáticas que, conforme tal Zhu *et al.* (1999) atua como depuradora em áreas úmidas é o aguapé (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms). As descrições ecológicas e taxonômicas de Simpson & Sanderson (2002) definem *E. crassipes*

como sendo uma macrófita aquática de forma biológica flutuante livre, com sistema de raízes fibrosas e com folhas de coloração verde escuras. Ainda de acordo com os autores, suas folhas possuem pecíolo esponjoso inflado que possibilita a sua forma biológica flutuante, além disso as flores possuem pétalas em tons de lilás claro à azul escuro, com amarelo no centro da pétala superior, sendo dispostas em densas espigas projetadas para fora da planta (Fig. 2).



FIGURA 2 - Estruturas de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. 1 – Flor, 2 – Limbo, 3 – Pecíolo, 4 – Rizoma (parcialmente visível) e 5 – Raiz (adaptado de Simpson & Sanderson, 2002).

A reprodução de *E. crassipes*, com base em Gopal (1987) ocorre tanto por propagação vegetativa quanto por reprodução sexuada. Na maioria das vezes, a primeira ocorre de forma extremamente rápida, favorecendo a dominância da espécie em

ambientes onde tenha sido introduzida ou mesmo em áreas onde as condições ambientais passem a favorecer o desenvolvimento. Esta forma de desenvolvimento se constitui na formação de um estolão na base do pecíolo, de onde surge uma nova planta que, mais tarde, irá se desligar da planta mãe.

Devido à existência de polinizadores específicos, a tendência é que a reprodução sexuada ocorra apenas nas áreas onde *E. crassipes* é nativa. No Brasil, a floração começa em outubro e continua por todos os meses de verão. Cada uma das flores ficam abertas por um ou dois dias antes de murcharem. Quando todas as flores da planta murcharem, a haste floral gradualmente inclina-se para dentro d'água e após 18 dias, as sementes são liberadas das cápsulas em direção ao fundo d'água, podendo permanecer viva por cerca de 15 anos (Gopal, 1987).

Como já referido anteriormente, a reprodução vegetativa é a mais adotada pela espécie em climas mais quentes (Martins *et al.*, 2005), como é o caso do Brasil. Quando as condições são favoráveis, este processo é o mais rápido e permite a formação de densas e grandes comunidades de aguapé em curto espaço de tempo. Segundo Pott & Pott (2000) sua biomassa pode duplicar a cada duas semanas, ao fechar a superfície da lâmina d'água pode atingir  $50 \text{ t.ha}^{-1}$  de massa verde perfazendo o total de  $2000 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

Com base nas características biológicas já citadas, há uma relação direta entre os elementos contidos na água e o desenvolvimento vegetativo de *E. crassipes* (Neves *et al.*, 2002). Isto faz com que, para que seja possível a análise da relação fatores abióticos aquáticos x absorção de substâncias x desenvolvimento vegetativo, assim, segundo Wetzel & Likens (1991) é necessária uma fase preliminar de análises para verificação e quantificação das variáveis a serem estudadas, sendo biomassa uma destas análises.

As estimativas de biomassa de um ecossistema podem ser obtidas por métodos diretos (destrutivo) ou indiretos (não destrutivo) (Thomaz *et al.*, 2004). O método direto é mais acurado e eficaz, porém mais difícil de ser executado, uma vez que é praticamente impossível pesar todos os representantes vegetais de uma área. Em geral,



para contornar essa dificuldade, os trabalhos utilizam o método direto em poucas e pequenas parcelas extrapolando os dados obtidos (Santos *et al.*, 2006). O método indireto é mais rápido, não necessitando a morte dos indivíduos, podendo amostrar uma área maior e um maior número de indivíduos pois utiliza variáveis mais facilmente obtidas em campo, como o largura e comprimento (Higuchi *et al.*, 1998; Hairiah *et al.*, 2001).

Alometria (*sensu* Niklas, 1995) pode ser definida como a relação entre variáveis de tamanho de um organismo, podendo ser considerada como o estudo do crescimento de uma parte do organismo em relação ao todo; como o estudo das conseqüências do tamanho na forma do organismo, ou ainda; como a propriedade que têm certos objetos de conservarem sua geometria e forma enquanto eles variam de tamanho. Conforme Harvey & Pagel (1991), o estudo das “relações alométricas” é utilizado para descrever relações quantitativas entre mudanças no tamanho de diversos organismos e uma variedade de características morfológicas, fisiológicas, de história de vida ou de comportamento.

A relação mais utilizada em alometria de plantas é aquela entre o diâmetro do tronco e a altura total da árvore. Com base nesta relação foram propostos vários modelos que procuram explicar como se combinam as forças em um caule, de modo que este se mantenha de pé e sustente uma copa (Sposito & Santos, 2001). Estes modelos vêm sendo utilizados para se comparar grandes grupos taxonômicos (Niklas, 1993), plantas com diferentes alturas (King, 1990), plantas pioneiras com plantas de estádios sucessionais mais avançados (Rich *et al.*, 1986) e diferentes espécies de árvores em uma área (King, 1996).

Dessa forma, o **Capítulo I** do presente trabalho teve como objetivo principal a comparação entre os resultados obtidos através de métodos destrutivo e não destrutivo na quantificação de biomassa de *E. crassipes*, em ambiente natural, a fim de verificar a viabilidade de análises que evitem impactos na vegetação, envolvendo procedimentos que não impliquem na sua destruição.

Os exemplares utilizados foram coletados na Lagoa Ruschel, que é um pequeno reservatório localizado no município de Lajeado (RS), próximo ao Rio Taquari. Em função do ambiente lêntico formado pelo reservatório uma exuberante cobertura de macrófitas aquáticas livre flutuantes ocorre no local, sendo os principais elementos *E. crassipes* (Mart.) Solms e *Salvinia biloba* Raddi (Fig. 3).

O clima da região, segundo o sistema de classificação climática de Köppen, enquadra-se na zona temperada subtropical úmida (Moreno, 1961). Quanto ao regime termo-pluviométrico, pode-se destacar duas estações, uma mais seca entre novembro e março (90 mm mensais) e uma estação mais chuvosa entre abril e outubro (130 mm mensais); as temperaturas médias oscilam entre 18°C e 20°C na estação mais seca, e 12°C e 15°C na estação mais chuvosa (Centro de Informações Hidrometeorológicas da UNIVATES, 2005).

Para estimar a biomassa de *E. crassipes* foram utilizados dois sistemas de quantificação: (1) sistema destrutivo com secagem do material em estufa e (2) sistema não destrutivo com medida de largura e comprimento do limbo e do pecíolo.

A coleta de dados seguiu as seguintes etapas: i) as folhas coletadas foram aquelas expostas acima da lâmina da água, as quais foram cortadas com o auxílio de estilete; ii) foram separadas as folhas nas frações limbo e pecíolo; iii) foram realizadas medidas de comprimento ao longo da nervura principal do limbo, comprimento máximo do pecíolo, largura máxima perpendicular à nervura principal e o maior diâmetro transversal do pecíolo com auxílio de paquímetro digital (Fig.4); iv) por fim os exemplares foram encaminhadas para secagem em estufa.



FIGURA 3 – Vista geral da Lagoa dos Ruschel, município de Lajeado/RS.

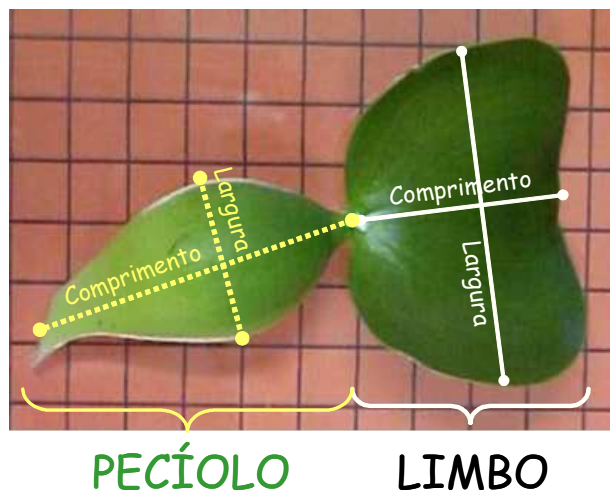


FIGURA 4 – Folha de *Eichhornia crassipes* indicando os dados alométricos coletados (destaque para os dados diferenciados de pecíolo e limbo).

Os resultados deste estudo demonstraram que existe uma alta correlação entre medidas de comprimento e largura do limbo e do pecíolo com a biomassa da estrutura. A correlação entre comprimento e largura do pecíolo com a biomassa ( $r_s = 0,7705$ ;  $p < 0,001$ ) é menor que a correlação entre limbo e biomassa ( $r_s = 0,8838$ ;  $p < 0,001$ ). Correlacionando dados alométricos com biomassa, determinou-se dois sistemas de estimativa de biomassa para a parte aérea (limbo + pecíolo). Para fins de comparação, coletaram-se outras folhas que não aquelas utilizadas para determinação do modelo e compararam-se os dois métodos. Os valores de biomassa obtidos a partir do sistema não destrutivo, quando comparados com os valores obtidos pelo sistema destrutivo (secagem do material em estufa) se mostraram bastante similares. A comparação entre o sistema de obtenção de biomassa utilizado no presente trabalho e o sistema destrutivo demonstra que o primeiro é uma eficiente forma de quantificação de biomassa de *E. crassipes*. Além disso, com a utilização dessa metodologia, é possível o acompanhamento do crescimento vegetal ao longo do tempo, tornando viável relacioná-lo com outras variáveis ambientais como disponibilidade de água e nutrientes.

O **Capítulo II** teve como objetivo a avaliação da eficiência de *Eichornia crassipes* no tratamento de efluentes de uma indústria do couro.

No processo industrial de curtimento mineral de couro são utilizados, dentre outros componentes químicos, sais de cromo gerando um efluente bastante diverso quimicamente. Os diversos constituintes ou poluentes encontrados no efluente são removidos por processos físicos, químicos e biológicos. A indústria em que o experimento da presente pesquisa foi instalado possui as seguintes etapas de tratamento de efluentes: (1) preliminar, (2) primária, (3) secundária e (4) terciária.

Para que fossem atingidos os objetivos propostos para o presente trabalho, montou-se um conjunto de 9 tanques experimentais de 1 m<sup>3</sup> de efluente, com tempo de residência de cinco dias, sendo eles: 3 tanques com 100% de cobertura de *E. crassipes*, 3 tanques com 50% de cobertura de *E. crassipes*, e 3 tanques controle sem plantas (Fig. 5). Ressalta-se que o efluente de abastecimento dos tanques experimentais já havia passado pelas etapas de tratamento citadas acima. Para a definição da área de cobertura de 50%, foram considerados os estudos de McDonald & Wolverton (1980) e de Kawai & Grieco (1983).

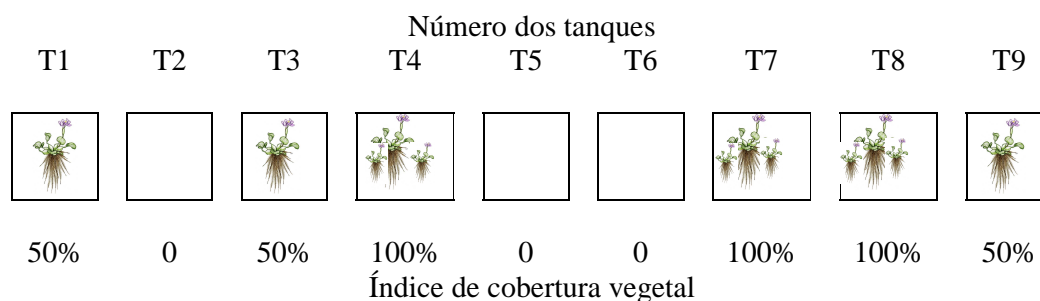


FIGURA 5 – Croqui demonstrativo dos tanques piloto e a distribuição aleatória dos tratamentos.

Para a definição da área de cobertura de 50%, foram considerados os estudos de McDonald & Wolverton (1980) e de Kawai & Grieco (1983) que dissertam sobre a relação entre a superfície de água coberta por aguapé e sua eficiência na remoção

de nutrientes, bem como sobre a densidade de espécimes e sua taxa de crescimento, que tende a decrescer quanto maior a superfície coberta e, conseqüentemente, diminuição das atividades biológicas relacionadas à assimilação de substâncias poluidoras.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e desenvolvido entre os meses de fevereiro e maio de 2004, período este adequado considerando as exigências de temperatura e intensidade luminosa que *E. crassipes* requer para manter certa uniformidade no seu desenvolvimento, evitando assim pulsos de infestações rápidas, as quais não são, de acordo com Esteves (1982), adequados para as avaliações pretendidas.

Com base nos dados obtidos no referido trabalho pode-se concluir que o fato do efluente produzido na empresa passar pelos tanques contendo *E. crassipes* podem reduzir a quantidade de nutrientes presentes no mesmo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENTRO DE INFORMAÇÕES HIDROMETEROLÓGICAS DA UNIVATES. 2005. **Banco de dados hidrometeorológicos da Região do Vale do Taquari – Relatório de Atividades / 2005**. Lajeado:Rio Grande do Sul.

DEL BUBBA, M.; ARIAS, C. A. & BRIX, H. 2003. Phosphorus adsorption maximum of sands for use as media in subsurface flow constructed reed beds as measured by the Langmuir isotherm. **Water Research** 37: 3390-3400.

GOPAL, B. 1987. **Water hyacinth - Aquatic Plant Study**, Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York and Tokyo, 471 p.

HAIRIAH, K.; SITOMPULL, S. M.; NOORDWIJK, M. van.; PALM, C. 2001. Methods for sampling carbon stocks above and below ground. In: Noordwijk, M. van.; Williams, S. and Verbist, B. (Ed.). **Towards integrated natural resource management in forest margins of the humid tropics: local action and global concerns**. Alternatives to slash-and-burn (ASB) Lecture Note 4. ICRAF, Bogor, Indonesia.

- HARVEY P. H. & PAGEL, M. D. 1991. **The Comparative Method in Evolutionary Biology**. Oxford University Press, Oxford.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; VIEIRA, G.; RIBEIRO, R. J.; SAKURAI, S.; ISHIZUCA, M.; SAKAI, T.; TANAKA, N. & SAITO, S. 1998. Plant structural analysis of a pristine tropical moist forest in Cuieiras river basin region, ZF - 2, Manaus - AM, Brazil. In: Higuchi, N.; Campos, M.A.A.; Sampaio, P.T.B.; Santos, J. (Eds.). **Pesquisas florestais para a conservação e reabilitação de áreas degradadas da Amazônia. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia**, Manaus, p. 53-81.
- IRGANG, B. E. & GASTAL Jr., C. V. S. 1996. **Macrófitas aquáticas da planície costeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre.
- JEPSEN, D. B. & WINEMILLER, K. O. 2002. Structure of tropical river food webs revealed by stable isotope ratios. **Oikos** 96: 46-55.
- KING, D. A. 1990. Allometry of saplings and understorey trees of Panamanian forest. **Functional Ecology** 4:27-32.
- KING, D. A. 1995. Allometry and life history of tropical trees. **Journal of Tropical Ecology** 12:25-44.
- MALTCHIK, L. 2003. Three new wetlands inventories in Brazil. **Interciencia** 28(7): 421-423.
- MEULEMAN, A. F. M.; BELTMAN, B. & SCHEFFER, R. A. 2004. Water pollution control by aquatic vegetation of treatment wetlands. **Wetlands Ecology and Management** 12: 459-47.
- MORENO, J. A. 1961. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura. 42 p.
- NEVES, T.; FOLONI, L. L.; PITELLI, R. A. 2002. Controle químico do aguapé (*Eichhornia crassipes*). **Planta Daninha** 20: 89-97.



- NIKLAS, K. J. 1993. The scaling of plant height: a comparison among major plant clades and anatomical grades. **Annals of Botany** 72:165-72.
- NIKLAS, K. J. 1995. Plant height and the properties of some herbaceous stems. **Annals of Botany** 75: 133-142.
- PEDRALLI, G. 2003. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade de água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. In: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. (Eds.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. p. 171-188.
- PEDRALLI, G.; TEIXEIRA, M. C. B. 2003. Macrófitas aquáticas como agentes filtradores de materiais particulados, sedimentos e nutrientes. In: Henry, R. **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. São Carlos: Rima. p. 177-194.
- POTT, V.J. & POTT, A. 2000. **Plantas Aquáticas do Pantanal**. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá, MS). – Brasília : Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 404 p.;il.
- RAMSAR. Ramsar Information Paper nº. 1. The Ramsar Convention Bureau, Rue Mauverney 28, CH-1196, 1971. Gland, Switzerland. Disponível em: <<http://www.ramsar.org/>>. Acesso em: 15 jan. 2006.
- RICH, P. M.; HELENURM, K.; KEARNS, D.; MORSE, S. R.; PALMER, M. W. & SHORT, L. 1986. Height and stem diameter relationships for dicotyledonous trees and arborescent palms of Costa Rican tropical wet forest. **Bulletin of the Torrey Botanical Club** 113:241-246.
- SANTOS, A. M. dos; AMADO, A. M.; MINELLO, M.; FARJALLA, V. F. & ESTEVES, F. A. Effects of the Sand Bar Breaching on *Typha domingensis* (PERS.) in a Tropical Coastal Lagoon, **Hydrobiologia** 56: 61 – 68.
- SIMPSON, D. & SANDERSON, H. 2002. **Eichhornia crassipes, Pontederiaceae**. 28-34 p. In: Royal Botanic Garden, Kew 2002. Blackwell Publishing Ltd.

- SPOSITO, T. C. & SANTOS, F. A. M. 2001. Scaling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. **American Journal of Botany** 88 (5): 939-949.
- TAYLOR, A.R.D.; HOWARD, G.W.; BEGG, G.W. 1995. Developing wetland inventories in Southern Africa: A review. **Vegetatio** 118: 57-79.
- THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. & PAGIORO, T. A. 2004. Métodos em limnologia: macrófitas aquáticas. In: Bicudo, C. E. de M. & Bicudo, D. de C. (org.). **Amostragem em Limnologia**. São Carlos: RiMa. 371 p.
- TINER, R.W. 1999 **Wetland indicators**. Lewis. New York, USA. 392 p.
- VUUREN, W.V. & ROY, P. 1993. Private and social returns from wetland preservation versus those from wetland conversion to agriculture. **Ecological Economics** 8: 289-305.
- WETZEL, R. G. & LIKENS, G. 1991. **Limnological analyses**. New York: Springer Verlag. 391 p.
- ZHU, Y. L.; ZAYED, A. M.; QIAN, J. H.; SOUZA, M. & TERRY, N. 1999. Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: II. Water hyacinth. **J. Environ. Qual.** 28: 339-344.

## CAPÍTULO I

Estimativa da biomassa foliar de *Eichhornia crassipes* Mart. Solms por alometria

Artigo científico a ser apresentado para a Brazilian Journal of Biology, publicação do Instituto Internacional de Ecologia.

Após o artigo científico em anexo, disponibilizou-se as instruções aos autores, disponível em <http://www.scielo.br/revistas/bjb/pinstruc.htm>.

Dentro do sistema de classificação de periódicos, anais, jornais e revistas denominado de Qualis/CAPES, a referida revista é classificada como A para a área de avaliação ecologia e meio ambiente, com circulação nacional.

**ESTIMATIVA DA BIOMASSA FOLIAR DE EICHHORNIA CRASSIPES  
MART. SOLMS POR ALOMETRIA**

Autor:

**Cátia Viviane Gonçalves**

Bióloga, aluna do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e pesquisadora do Setor de Botânica e Paleobotânica do Museu de Ciências Naturais da UNIVATES, Caixa Postal 155, CEP 95.900-000, Lajeado, RS, Brasil. (biologacatia@univates.br)

Figuras:

O presente artigo possui três (3) figuras.

Palavras-chave:

Aguapé, ambiente natural, alometria

Water hyacinth, natural environment, allometry

Título abreviado para a cabeça das páginas:

Estimativa da biomassa foliar de *E. crassipes* ...

Nome do autor correspondente:

Cátia Viviane Gonçalves

## Abstract

(Estimative of the foliar biomass of *Eichhornia crassipes* Mart. Solms for allometry). The estimates of biomass of an ecosystem can be gotten by methods direct (destructive) or indirect (not destructive). However the majority of the methods uses destructive sampling of the vegetation, being able these, to cause irreparable damages to the structure of the aquatic vegetation and to the environment. The present article presents a model of attainment of biomass of *E. crassipes* using measured of width and leaf length (limb + petiole) and data of comparison between two methods. The used units had been collected in natural environment in the City of Lajeado/RS. To estimate the biomass two methods had been used: (1) destructive method with drying of the material in stove and (2) not destructive method with measure of width and length. The correlation between length and width of petiole with the biomass ( $r_s = 0,7705$ ;  $p < 0,001$ ) is minor who limb and biomass ( $r_s = 0,8838$ ;  $p < 0,001$ ). Correlating given allometric with biomass if it determines two models of estimate of biomass for the aerial part (limb + petiole). For comparison ends, one collected other leves that those used for determination of the model and did not compare the two methods. The gotten values of biomass from the model (not destructive method) when compared with the values gotten with drying of the material in stove (destructive method) if had shown sufficiently similar for the test t of Student. The comparison enters the model of attainment of biomass gotten for the present work and destructive method demonstrates that the not destructive method is an efficient form of attainment of biomass of *E. crassipes*. Beyond providing the accompaniment of the vegetal growth throughout the time (without its destruction) and relating it with other ambient and variable as water availability and nutrients.

## Resumo

(Estimativa da biomassa foliar de *Eichhornia crassipes* Mart. Solms por alometria). As estimativas de biomassa de um ecossistema podem ser obtidas por métodos diretos (destrutivos) ou indiretos (não destrutivo). Porém a maioria dos estudos emprega amostragem destrutiva da vegetação, podendo estes, causar danos irreparáveis à estrutura da vegetação aquática e ao ambiente. O presente artigo apresenta um modelo de obtenção de biomassa de *E. crassipes* utilizando medidas de largura e comprimento de folha (limbo + pecíolo) e dados de comparação entre dois métodos. Os exemplares utilizados foram coletados em ambiente natural no Município de Lajeado/RS. Para estimativa de biomassa foram utilizados dois métodos: (1) método destrutivo com secagem do material em estufa e (2) método não destrutivo com medida de largura e comprimento. Os resultados deste estudo demonstram que existe uma alta correlação entre medidas de comprimento e largura do limbo e do pecíolo com a biomassa da estrutura. A correlação entre comprimento e largura do pecíolo com a biomassa ( $r^2 = 0,7705$ ;  $p < 0,001$ ) é menor que a correlação entre limbo e biomassa ( $r^2 = 0,8838$ ;  $p < 0,001$ ). Através da correlação dos dados alométricos com a biomassa pode-se determinar dois modelos de estimativa de biomassa para a parte aérea (limbo + pecíolo). Para fins de comparação, foram coletadas outras folhas que não aquelas utilizadas para determinação do modelo e compararam-se os dois métodos. Os valores de biomassa obtidos a partir do modelo (método não destrutivo) quando comparados com os valores obtidos com secagem do material em estufa (método destrutivo) se mostraram bastante similares pelo teste t de Student. A comparação entre o modelo de obtenção de biomassa efetuado no presente trabalho e o método destrutivo demonstra que o método não destrutivo é uma eficiente forma de obtenção de biomassa de *E. crassipes*, uma vez que proporciona o acompanhamento do crescimento vegetal ao longo do tempo (sem sua destruição) e a correlação com outras variáveis ambientais, como disponibilidade de água e nutrientes.

## INTRODUÇÃO

As áreas úmidas cobrem grandes extensões nos trópicos em geral, e em especial no Brasil.

Estas áreas têm funções importantes nas paisagens, servindo para armazenamento de água, tampões climáticos locais, fontes e receptores de elementos de ciclos biogeoquímicos, habitats para plantas e animais altamente adaptados (Jepsen e Winemiller, 2002).

Em termos de vegetação, pode-se dizer que as macrófitas aquáticas, por estarem bem adaptadas a ambientes alagados, são as plantas que melhor caracterizam as áreas úmidas. Estes vegetais têm suas partes fotossintetizantes permanentemente, ou por diversos meses, todos os anos, total ou parcialmente submersas em água doce ou salobra, podendo ainda ser flutuantes. Além disso, normalmente, as plantas aquáticas têm uma distribuição mais ampla do que a maioria das plantas terrestres, fato decorrente da maior homogeneidade dos ambientes aquáticos, o que possibilita às macrófitas aquáticas uma ampla distribuição fitogeográfica, possibilitando o aparecimento de muitas espécies cosmopolitas (Irgang e Gastal Jr., 1996).

Avaliações de macrófitas aquáticas presentes em áreas úmidas requerem uma fase preliminar de análises para verificação e quantificação das variáveis a serem estudadas. Entre estas variáveis estão matéria orgânica, oxigênio dissolvido, temperatura e quantidade de biomassa (Thomaz et al., 2004). As estimativas de biomassa de um ambiente aquático podem ser obtidas por métodos diretos (destrutivo) ou indiretos (não destrutivo). O método direto é mais acurado e eficaz, porém de mais difícil aplicação, uma vez que, na prática, determinar a biomassa de todos os representantes vegetais de uma área demanda grande trabalho, além de implicar na morte dos espécimes. Assim, para contornar essa dificuldade, vêm sendo utilizados métodos diretos em poucas e pequenas parcelas extrapolando os dados obtidos (Thomaz et al., 2004). Por outro lado, o método indireto é mais rápido, não sendo necessária a morte dos indivíduos, e sendo possível a amostragem de uma área maior, com avaliação de

um maior número de indivíduos, pois utiliza variáveis mais facilmente obtidas em campo, como o largura e comprimento dos estandes (Higuchi et al., 1998; Hairiah et al., 2001).

O estudo aqui apresentado se concentra em *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, pretendendo servir de modelo a outras espécies de macrófitas aquáticas.

As descrições ecológicas e taxonômicas de Simpson e Sanderson (2002) caracterizam a *E. crassipes* como sendo uma macrófita aquática de forma biológica flutuante livre, com sistema de raízes fibrosas com folhas de coloração verde escuras. Suas folhas possuem pecíolo esponjoso inflado que possibilita a sua forma biológica flutuante.

*E. crassipes*, conforme Gopal (1987), possui tanto propagação vegetativa quanto reprodução sexuada; a primeira ocorre de forma extremamente rápida favorecendo a dominância da espécie em ambientes onde tenha sido introduzida ou mesmo em áreas onde as condições ambientais favorecem o desenvolvimento. Esta forma de desenvolvimento se constitui na formação de um estolão na base do pecíolo, de onde surge uma nova planta que mais tarde irá se desligar da planta mãe.

Devido à existência de polinizadores específicos, a tendência é que a reprodução sexuada ocorra apenas nas áreas onde *E. crassipes* é nativa. Quando todas as flores da planta murcham, a haste floral gradualmente se inclina para dentro d'água e, caso tenha havido polinização/fecundação, após 18 dias as sementes são liberadas das cápsulas em direção ao fundo d'água, podendo permanecer viáveis por cerca de 15 anos (Gopal, 1987).

Mesmo assim, segundo Pott e Pott (2000), em climas quentes, a reprodução vegetativa é mais rápida que a sexuada, de forma que se observa a formação de densas e grandes comunidades de *E. crassipes* em curto espaço de tempo. Sua biomassa pode duplicar a cada duas semanas e, cobrir totalmente a lâmina d'água atingindo 50 t.ha<sup>-1</sup> de massa verde, perfazendo, em alguns casos, um total de 2000 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (Pott e Pott, 2000).



O presente trabalho tem como objetivos: (1) determinar uma equação matemática de obtenção de biomassa por método não destrutivo; (2) comparação entre os resultados obtidos através de métodos destrutivo e não destrutivo na determinação de biomassa de *E. crassipes*; e (3) auxiliar em estudos que envolvam o monitoramento das espécies sem a sua destruição.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

As plantas se encontravam em um pequeno reservatório natural localizado no Município de Lajeado (RS), próximo ao Rio Taquari (Coordenadas UTM – Zona 22, N 6.743.126 e E 409.137). O ambiente lântico formado pelo reservatório uma exuberante cobertura de macrófitas aquáticas livre flutuantes ocorre no local, sendo *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms a espécie dominante, acompanhada de *Salvinia biloba* Raddi. Segundo o sistema de classificação climática de Köppen, o clima da região é subtropical úmida (Moreno, 1961) com uma estação mais seca entre novembro e março (90 mm mensais) e uma estação mais chuvosa entre abril e outubro (130 mm mensais). As temperaturas médias oscilam entre 18 °C e 20 °C na estação mais seca, e 12 °C e 15 °C na estação mais chuvosa (Centro de Informações Hidrometeorológicas da UNIVATES, 2005).

### **Estimativa de Biomassa**

No presente estudo foram coletados 106 folhas de *Eichhornia crassipes* na área de estudo. Para estimar a biomassa de *E. crassipes* foram utilizados dois métodos: (1) método destrutivo com secagem do material em estufa e (2) método não destrutivo com medida de largura e comprimento dos limbo e do pecíolo. Quando da coleta de dados, considerou-se apenas uma folha por espécime coletado, sendo esta escolhida ao acaso e representando idades foliares

diversas. As identificações numeradas das folhas e as medidas foliares foram realizadas em campo, com o objetivo de evitar que a perda de turgidez das folhas pudesse alterar os resultados.

A coleta de dados seguiu as seguintes etapas: i) as folhas coletadas foram aquelas expostas acima da lâmina da água, as quais foram cortadas com o auxílio de estilete; ii) foram separadas as folhas nas frações limbo e pecíolo; iii) foram realizadas medidas de comprimento ao longo da nervura principal do limbo, comprimento máximo do pecíolo, largura máxima perpendicular à nervura principal e o maior diâmetro transversal do pecíolo com auxílio de paquímetro digital; iv) por fim os exemplares foram encaminhadas para secagem em estufa a 70 °C até peso constante.

Dentre os tratamentos estatísticos testados, regressões múltiplas com duas variáveis preditoras apresentaram os melhores resultados. As equações preditivas do modelo obtidas a partir delas foram instrumentos na determinação da viabilidade da utilização do método não destrutivo para obtenção de biomassa. As análises estatísticas foram realizadas no programa denominado de Projeto R. Para fins de verificação das equações matemáticas obtidas, coletou-se 20 folhas que não aquelas utilizadas para determinação do modelo e comparou-se a biomassa determinada pelo método destrutivo com a obtida pelas equações preditivas do modelo aqui propostas.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados deste estudo demonstram que existe uma alta correlação entre medidas de comprimento e largura do limbo e do pecíolo com a biomassa da planta.

A correlação entre comprimento e largura do pecíolo com sua biomassa ( $r^2 = 0,7705$ ;  $p < 0,001$ ) é menor que a correlação entre o comprimento e largura do limbo com sua biomassa ( $r^2 = 0,8838$ ;  $p < 0,001$ ), conforme Fig. 1 e 2.

**Figura 1****Figura 2**

Correlacionando os dados alométricos com a biomassa se determina as seguintes equações preditivas do modelo de obtenção de biomassa, sendo X1 = largura e X2 = comprimento, ambos expressos em centímetros, resultando em um método não destrutivo de obtenção de biomassa.

<b>Equação da biomassa do limbo</b> (em gramas) $BL = (0,0168 * X1) + (0,0527 * X2) - 0,1246$
--

<b>Equação da biomassa do pecíolo</b> (em gramas) $BP = (0,0374 * X1) + (0,0337 * X2) - 0,1067$
--

Os valores de biomassa obtidos a partir da equação aqui proposta (método não destrutivo) quando comparados com os valores obtidos com secagem do material em estufa (método destrutivo) se mostraram bastante similares, conforme Fig. 3, não havendo diferenças estatísticas significantes pelo teste t ( $p = 0,0739$ ), sendo que o valor da estatística de teste para testar a igualdade dos valores médios das duas situações é de 1.838 ( $p > 0,05$ ).

**Figura 3**

Uma vez que foram coletadas folhas de diferentes idades e ainda assim os resultados obtidos através da equação preditiva ainda é válido, pode-se imaginar que não ocorrem processos significativos de diferenciação celular durante o crescimento da planta.

Métodos não destrutivos vêm sendo utilizados por autores como Mahujcharyawong e Ikeda (2001), Greco e Freitas (2002), Henry-Silva e Camargo (2003) e Santos et al. (2006) para avaliação de biomassa vegetal de macrófitas aquáticas. Todavia estes autores não concentram a sua atenção nas plantas em si, mas em amostragens por meio de quadrados para determinação da biomassa.

Por outro lado, a alometria é utilizada por autores como Alves et al. (2004) e Marchi e Pitelli (2003) para definição de áreas foliares sem, no entanto, aplicarem seus dados à biomassa. Todavia, o método aqui apresentado baseia-se na premissa de que os dados alométricos são, também, importantes para definição de biomassa, ao menos em *E. crassipes*, tendo em vista os resultados obtidos pela metodologia destrutiva não diferirem estatisticamente dos resultados aqui alcançados por método não destrutivo.

Outro fator fundamental é que as avaliações que utilizam amostragens por meio de quadrados, o fazem de forma sazonal fato que gera, uma diferenciação dos valores de biomassa obtidos por área ocupada em cada período do ano, o que permite uma avaliação da perda ou do ganho de biomassa total no tempo, sem, no entanto, considerar a biomassa de cada espécime individualmente.

## CONCLUSÃO

A comparação entre o modelo matemático de determinação da biomassa obtido pelo presente trabalho e método destrutivo demonstra que o método não destrutivo é uma eficiente técnica de estimativa de biomassa de *E. crassipes*.

Sugere-se que estimativas relativamente simples e precisas da biomassa do limbo foliar de *E. crassipes* podem ser obtidas pela equação  $[(0,0168 * X1) + (0,0527 * X2) - 0,1246]$  e que estimativas da biomassa do pecíolo foliar podem ser obtidas pela equação  $[(0,0374 * X1) +$

( $0,0337 * X_2 - 0,1067$ ], com coeficiente de determinação da ordem de 0,7705 e 0,8838, respectivamente.

O modelo obtido proporciona o acompanhamento do crescimento de *E. crassipes* ao longo do tempo podendo ainda ser relacionado com outras variáveis ambientais como disponibilidade de água e nutrientes.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Setor de Botânica e Paleobotânica do Museu de Ciências Naturais da UNIVATES e ao Laboratório de Limnologia do Instituto de Biociências da UFRGS pelo incentivo e suporte.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, L. F.; Martins, F. R. & Santos, F. A. M. 2004. Allometry of a neotropical palm, *Euterpe edulis* Mart. Acta bot. bras. 18: 369-374.

Centro de Informações Hidrometeorológicas da UNIVATES. 2005. Banco de dados hidrometeorológicos da Região do Vale do Taquari – Relatório de Atividades / 2005.

Lajeado:Rio Grande do Sul.

Greco, M. K. B. & Freitas, J. R. de. 2002. On two methods to estimate production of *Eichhornia crassipes* in the eutrophic pampulha reservoir (MG, Brazil). Braz. J. Biol. 62: 463-471.

Gopal, B. 1987. Water hyacinth - Aquatic Plant Study, Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York and Tokyo, 471p.

Hairiah, K.; Sitompull, S.M.; Noordwijk, M.van. & Palm, C. 2001. Methods for sampling carbon stocks above and below ground. In: Noordwijk, M. van.; Williams, S. & Verbist, B. (Ed.). Towards integrated natural resource management in forest margins of the humid tropics: local action and global concerns. ICRAF. ABS Lecture Note 4 A, Bogoi, 49p.

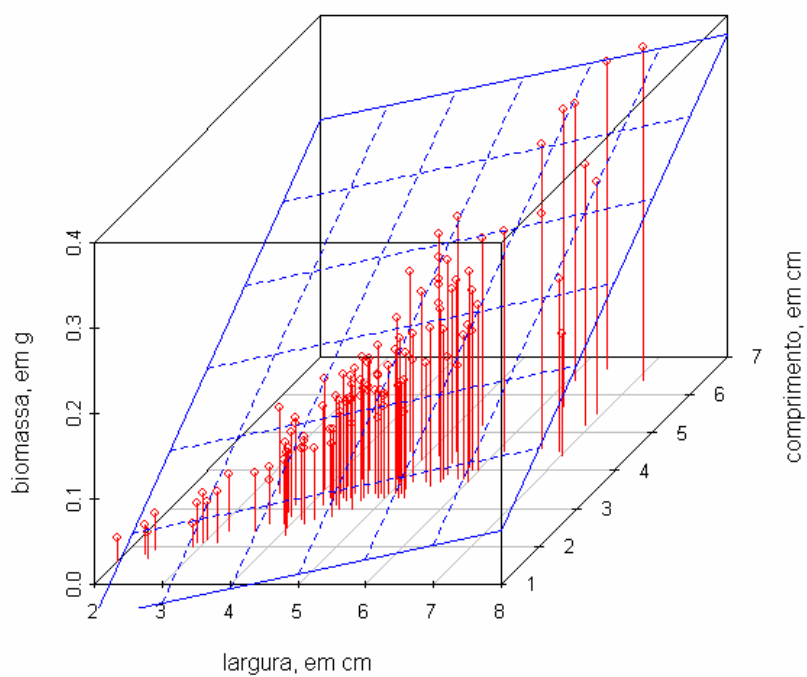
Henry-Silva, G. G. & Camargo, A. F. M. 2003. Avaliação sazonal da biomassa da macrófita aquática *Eichhornia azurea* em um rio de águas brancas da bacia hidrográfica do rio Itanhaém (litoral sul do estado de São Paulo, Brasil). Hoehnea 30: 71-77.

Higuchi, N.; Santos, J.; Ribeiro, R.J.; Minette, L. & Biot, Y. 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação de floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. Acta Amazonica, 28: 153-165

Irgang, B. E. & Gastal Jr., C. V. S. 1996. Macrófitas aquáticas da planície costeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

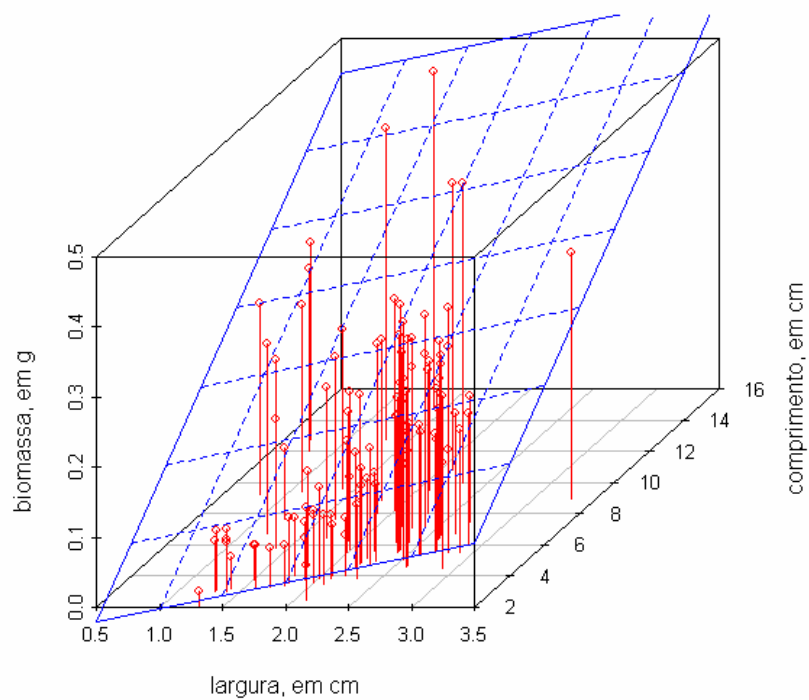
Jepsen, D. B. & Winemiller, K. O. 2002. Structure of tropical river food webs revealed by stable isotope ratios. Oikos 96: 46-55.

- Mahujcharyawong, J. & Ikeda, S. 2001. Modeling of environmental phytoremediation in eutrophic river – the case of water hyacinth harvest in Tha-chin River, Thailand. Ecol. Model. 142: 121-134.
- Marchi, S. R. & Pitelli, R. A. 2003. Estimativa foliar de plantas daninhas de ambiente aquático: *Eichhornia crassipes*. Planta Daninha 21: 109-112.
- Moreno, J.A. 1961. Clima do Rio Grande do Sul. Secretaria da Agricultura – Divisão de Terras e Colonização, Porto Alegre.
- Pott, V.J. & Pott, A. 2000. Plantas Aquáticas do Pantanal. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá, MS). – Brasília : Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 404p.;il.
- Santos, A. M. dos; Amado, A. M.; Minello, M. & Farjalla, V. F. 2006. Effects of the sand bar breaching on *Typha domingensis* (PERS.) in a tropical coastal lagoon. Hydrobiologia 556: 61-68.
- Simpson, D. & Sanderson, H. 2002. *Eichhornia crassipes*, Pontederiaceae. 28-34 p. In: Royal Botanic Garden, Kew 2002. Blackwell Publishing Ltd.
- Thomaz, S. M.; Bini, L. M. & Pagioro, T. A. 2004. Métodos em limnologia: macrófitas aquáticas. In: Bicudo, C. E. de M. and Bicudo, D. de C. (org.). Amostragem em Limnologia. São Carlos: RiMa. 371p.

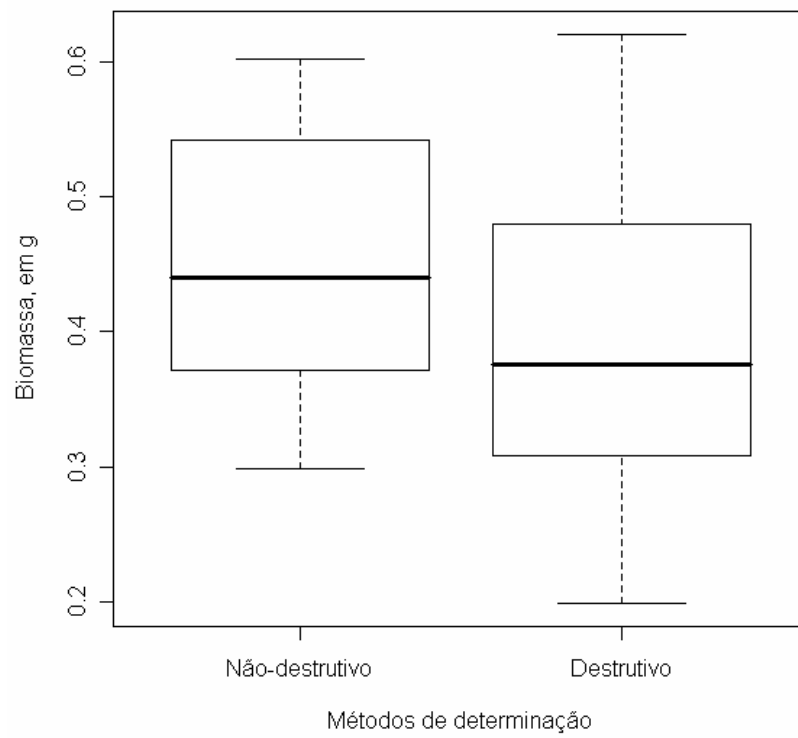


**Figura 1** – Representação gráfica das correlações largura x comprimento x biomassa para o limbo foliar ( $r^2 = 0,8838$ ;  $p < 0,001$ ).





**Figura 2** – Representação gráfica das correlações largura x comprimento x biomassa para o pecíolo foliar ( $r^2 = 0,7705$ ;  $p < 0,001$ ).



**Figura 3** – Boxplot da determinação da biomassa pelo método não-destrutivos e pelo método destrutivos de biomassa.

## **INSTRUÇÕES AOS AUTORES**

### **Finalidade e normas gerais**

A **Brazilian Journal of Biology** publica resultados de pesquisa original em qualquer ramo das ciências biológicas. Estará sendo estimulada a publicação de trabalhos nas áreas de biologia celular, sistemática, ecologia (auto-ecologia e sinecologia) e biologia evolutiva, e que abordem problemas da região neotropical.

A revista publica somente artigos em inglês. Artigos de revisões de temas gerais também serão publicados desde que previamente propostos e aprovados pela Comissão Editorial.

**Informações Gerais:** Os originais deverão ser enviados à Comissão Editorial e estar de acordo com as Instruções aos Autores, trabalhos que não se enquadrem nesses moldes serão imediatamente devolvidos ao(s) autor(es) para reformulação.

Os trabalhos que estejam de acordo com as Instruções aos Autores, serão enviados aos assessores científicos, indicados pela Comissão Editorial. Em cada caso, o parecer será transmitido anonimamente aos autores. Em caso de recomendação desfavorável por parte de um assessor, será usualmente pedida a opinião de um outro. Os trabalhos serão publicados na ordem de aceitação pela Comissão Editorial, e não de seu recebimento. Serão fornecidas gratuitamente 25 separatas de cada artigo.

### **Preparação de originais**

O trabalho a ser considerado para publicação deve obedecer às seguintes recomendações gerais:

Ser digitado e impresso em um só lado do papel tipo A4 e em espaço duplo com uma margem de 3 cm à esquerda e 2 cm à direita, sem preocupação de que as linhas terminem alinhadas e sem dividir palavras no final da linha. Palavras a serem impressas em itálico podem ser sublinhadas.

O título deve dar uma idéia precisa do conteúdo e ser o mais curto possível. Um título abreviado deve ser fornecido para impressão nas cabeças de página.

*Nomes dos autores* – As indicações Júnior, Filho, Neto, Sobrinho etc. devem ser sempre antecidas por um hífen. Exemplo: J. Pereira-Neto. Usar também hífen para nomes compostos (exemplos: C. Azevedo-Ramos, M. L. López-Rulf). Os nomes dos autores devem constar sempre na sua ordem correta, sem inversões. Não usar, nunca, como autor ou co-autor

nomes como Pereira-Neto J. Usar *e, y, and, et* em vez de *&* para ligar o último co-autor aos antecedentes.

Os trabalhos devem ser redigidos de forma concisa, com a exatidão e a clareza necessárias para sua fiel compreensão. Sua redação deve ser definitiva a fim de evitar modificações nas provas de impressão, muito onerosas e cujo pagamento ficará sempre a cargo do autor. Os trabalhos (incluindo ilustração e tabelas) devem ser submetidos em triplicata (original e duas cópias).

Serão considerados para publicação apenas os artigos redigidos em inglês. Todos os trabalhos deverão ter resumos em inglês e português. Esses resumos deverão constar no início do trabalho e iniciar com o título traduzido para o idioma correspondente. O Abstract e o Resumo devem conter as mesmas informações e sempre resumir resultados e conclusões.

Em linhas gerais, as diferentes partes dos artigos devem ter a seguinte seriação:

1ª página – Título do trabalho. Nome(s) do(s) autor(es). Instituição ou instituições, com endereço. Indicação do número de figuras existentes no trabalho. Palavras-chave em português e inglês (no máximo 5). Título abreviado para cabeça das páginas. Rodapé: nome do autor correspondente e endereço atual (se for o caso).

2ª página e seguintes – Abstract (sem título). Resumo: em português (com título); Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements.

Em separado – References, Legends to the figures, Tables and Figures.

O trabalho deverá ter, *no máximo*, 25 páginas, incluindo tabelas e figuras.

A seriação dos itens de Introduction e Acknowledgements só se aplica, obviamente, a trabalhos capazes de adotá-la. Os demais artigos (como os de Sistemática) devem ser redigidos de acordo com critérios geralmente aceitos na área.

*Referências Bibliográficas* – No texto, será usado o sistema *autor-ano* para citações bibliográficas, utilizando-se ampersand (&) no caso de 2 autores. As referências, datilografadas em folha separada, devem constar em ordem alfabética. Deverão conter nome(s) e iniciais do(s) autor(es), ano, título por extenso, nome da revista (abreviado e sublinhado), volume e primeira e última páginas. Citações de livros e monografias deverão também incluir a editora e, conforme citação, indicar o capítulo do livro. Deve(m) também ser referido(s) nome(s) do(s) organizador(es) da coletânea. Exemplos:

OZORIO DE ALMEIDA, M., 1946, Sur les reflexes labyrinthiques chez la grenouille. *Rev. Brasil. Biol.*, 6: 355-363.

REIS, J., 1980, Microbiologia, pp. 3-31. In: M. G. Ferri & Shozo Motoyama (orgs.), *História das Ciências no Brasil*, 2º vol., 468p., EDUSP e EPU, São Paulo.

MROSOVSKY, N. & YNTEMA, C. L., 1981, Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: implications for conservation practices. In: K. A. Bjorndal (ed.), *Biology and Conservation of Sea Turtles*, Smithsonian, Inst. Press in Coop. World, Wildlife Fund. Inc., Washington, D.C.

RIZZINI, C. T., 1979, *Tratado de Fitogeografia do Brasil. Aspectos Sociológicos e Florísticos*. HUCITEC, São Paulo, 2 vol., 374p.

KUHLMAN, J. G., OCCHIONI, P. & FALCÃO, J. I. A., 1947, Contribuição ao estudo das plantas ruderais do Brasil. *Arq. Jard. Bot.*, 7: 43-131.

Para outros pormenores, veja as referências bibliográficas deste fascículo.

A revista publicará um Índice inteiramente em inglês, para uso das revistas internacionais de referência.

As provas serão enviadas aos autores para uma revisão final (restrita a erros e composição) e deverão ser devolvidas imediatamente. As provas que não forem devolvidas no tempo solicitado – 5 dias – terão sua publicação postergada para uma próxima oportunidade, dependendo de espaço.

*Material Ilustrativo* – Os autores deverão limitar as tabelas e as figuras (ambas numeradas em arábicos) ao **estritamente necessário**. No texto do manuscrito, o autor indicará os locais onde elas deverão ser intercaladas.

As tabelas deverão ter seu próprio título e, em rodapé, as demais informações explicativas. Símbolos e abreviaturas devem ser definidos no texto principal e/ou legendas.

Na preparação do material ilustrativo e das tabelas, deve-se ter em mente o tamanho da página útil da revista (22 cm x 15,0 cm); (coluna: 7 cm) e a idéia de conservar o sentido vertical. Desenhos e fotografias exageradamente grandes poderão perder muito em nitidez quando forem reduzidos às dimensões da página útil. As pranchas deverão ter no máximo 30 cm de altura por 25 cm de largura e incluir barra(s) de calibração.

As ilustrações devem ser agrupadas, sempre que possível. A Comissão Editorial reserva-se o direito de dispor esse material do modo mais econômico, sem prejudicar sua apresentação.

Todos os desenhos devem ser feitos à tinta da China e apresentados de tal forma que seja possível sua reprodução sem retoques. As fotografias devem vir em papel brilhante. Nas fotos, desenhos e tabelas deve-se escrever, a lápis, no verso, o nome do autor e o título do trabalho.

*Disquete* – Os autores são encorajados a enviar a versão final (e somente a final), **já aceita**, de seus manuscritos em disquete. Textos devem ser preparados em Word for Windows e acompanhados de uma cópia idêntica em papel.

**Recomendações Finais** : Antes de remeter seu trabalho, preparado de acordo com as instruções anteriores, deve o autor relê-lo cuidadosamente, dando atenção aos seguintes itens: correção gramatical, correção datilográfica (apenas uma leitura sílaba por sílaba a garantirá), **correspondência entre os trabalhos citados no texto e os referidos na bibliografia**, tabelas e figuras em arábicos, correspondência entre os números de tabelas e figuras citadas no texto e os referidos em cada um e posição correta das legendas.

## QUALIS - Classificação de Periódicos, Anais, Jornais e Revistas

versão 1.0

### PESQUISA DE PERIÓDICO POR TÍTULO

Título:

Consulta

Relação de Periódicos - Classificação relativa a dados de 2004

[Critérios de Classificação do Qualis por Área](#)

ISSN	Título	Classificação	Circulação	Área de Avaliação
1519-6984	Brazilian Journal of Biology	A	Internacional	CIÊNCIAS BIOLÓGICAS I
1519-6984	Brazilian Journal of Biology	A	Nacional	ECOLOGIA E MEIO AMBIENTE
1519-6984	Brazilian Journal of Biology	B	Nacional	ENGENHARIAS I
1519-6984	Brazilian Journal of Biology	C	Nacional	MEDICINA I
1519-6984	Brazilian Journal of Biology	C	Internacional	ODONTOLOGIA
1519-6984	Brazilian Journal of Biology	A	Nacional	MEDICINA VETERINÁRIA
1519-6984	Brazilian Journal of Biology	A	Nacional	CIÊNCIAS AGRÁRIAS
1519-6984	Brazilian Journal of Biology	A	Nacional	MULTIDISCIPLINAR

## CAPÍTULO II

Fitoacumulação de cromo em *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms disposta em sistema de tratamento de efluentes da indústria de couro

Artigo técnico a ser apresentado para Brazilian Archives of Biology and Technology, órgão de publicação oficial do Instituto de Tecnologia do Paraná.

Após o artigo técnico em anexo, disponibilizou-se as instruções aos autores, disponível em <http://everest3.tecpar.br/babt/babt-normas.php>.

Dentro do sistema de classificação de periódicos, anais, jornais e revistas denominado de Qualis/CAPES, a referida revista é classificada como A para a área de avaliação ecologia e meio ambiente, com circulação nacional.

# **Fitoacumulação de cromo em *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms disposta em sistema de tratamento de efluentes de indústria de couro**

---

**Cátia Viviane Gonçalves**

*Aluna do Programa de Pós-Graduação em Ecologia do Instituto de Biociências da  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)*

*Bióloga do Setor de Botânica e Paleobotânica do Museu de Ciências Naturais da  
UNIVATES ([www.univates.br/mcn](http://www.univates.br/mcn))*

*Rua Avelino Tallini, 171, CEP 95.900-000, Lajeado/RS, Brasil.  
([biologacatia@univates.br](mailto:biologacatia@univates.br))*

---

## **ABSTRACT**

Aquatic plants come being used successfully for fitorremediação of aquatic, natural or constructed environments, with objective of elimination or reduction of chemical elements. This study it demonstrates to the potential of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, aquatic plant of free floating habit, for the fitorremediação of three chemical elements still gifts in effluent the proceeding one from the station of treatment of effluent of the industry of the leather. The experiment was composed of 9 tanks of 1 m<sup>3</sup> and three treatments, being they: i) tank has controlled without plants, II) tank with 50% of vegetal covering, and III) tank with 100% of vegetal covering. The removals of DBO<sub>5</sub>, DQO had been mensuradas during the evaluation, N, P and Cr of effluent and the aerial part of *E. crassipes*. The gotten results had allowed to conclude that the presence of plants is efficient for the chromium removal, for the too much parameters, only the time of residence of 5 days in the tanks already presented reductions of the pollutants.

**KEYWORDS:** *Eichhornia crassipes*, chromium absorption, tertiary treatment system.



## INTRODUÇÃO

Estudos como os de Oliveira *et al.* (2001), Machado (2003) e Martins *et al.* (2005) indicam a crescente preocupação com a preservação dos recursos hídricos, bem como o interesse na detecção de possíveis fontes de contaminação, as quais possam e devam ser tratadas de forma a permitir a sua descontaminação. Concomitantemente, autores como Reddy *et al.* (1983), Knight *et al.* (1999), Warwick & Broch (2003) e Mangabeira *et al.* (2004) definem que várias espécies de vegetais aquáticos podem ser utilizadas como alternativas para contribuir na solução destes problemas.

Um destes grupos de vegetais aquáticos são as macrófitas aquáticas, denominação utilizada para caracterizar plantas que habitam desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos e que apresentam várias adaptações morfológicas e fisiológicas que as tornam capazes de colonizar os diversos ambientes (Schemin-Dias *et al.* 1999). Essa capacidade de depuração, conforme Pompêo *et al.* (1997), pode estar relacionada ao papel que estas plantas apresentam na troca de nutrientes entre o sedimento e a coluna d'água.

Além disso, autores como Gopal & Sharma (1979), Reddy & Debusk (1987) e Greenway (1997) associam esta característica à elevada capacidade de algumas espécies de assimilação e estocagem de nutrientes e às suas altas taxas de produção primária.

Estudos mais específicos como os de Wooten & Dood (1976), Weber & Tchobanoglous (1985), Brix & Scherup (1989), Casabianca (1995), Karpiskak *et al.* (1996), Ennabili *et al.* (1998), Salati *et al.* (1999), Farahbakhshazad *et al.* (2000) e Chandra & Kulshreshtha (2004) vêm comprovando a eficiência de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes. Entre as macrófitas aquáticas utilizadas para fins de tratamento de efluentes Muramoto & Oki (1983) e Wilson *et al.* (2005) definem *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (aguapé) como sendo a que apresenta melhor capacidade de absorção e de tolerância a grandes quantidades de íons de metais pesados.

Com base nas descrições de Simpson & Sanderson (2002) é possível observar que, devido à sua morfologia, além das raízes, as folhas do aguapé também estabelecem contato direto com a solução em que se desenvolvem, de forma que estes órgãos poderiam absorver metais pesados tanto quanto as raízes (Oliveira *et al.* 2001).

Todavia, a absorção dos metais pesados pelas raízes, e sua subsequente translocação para a parte aérea, ou a resposta morfológica do pecíolo e limbo à solução em que se desenvolve são pouco conhecidas (Cakmak *et al.* 2000).

O objetivo da presente pesquisa é avaliar a eficiência de *Eichhornia crassipes* no tratamento de efluentes de uma indústria do couro.

## MATERIAIS E MÉTODOS

No processo industrial de curtimento mineral de couro são utilizados, entre outros componentes químicos, sais de cromo com o objetivo de tornar as peles tenazes e resistentes à putrefação. Os diversos constituintes ou poluentes encontrados no efluente da indústria coureira podem ser removidos por processos físicos, químicos e biológicos. A indústria em que este experimento foi instalado possui as seguintes etapas de tratamento de efluentes: (1) preliminar, (2) primária, (3) secundária e (4) terciária.

Para que fossem atingidos os objetivos propostos para o presente trabalho, montou-se um conjunto de 9 tanques experimentais de 1 m<sup>3</sup> de efluente, com tempo de residência de cinco dias, sendo eles: 3 tanques com 100% de cobertura de *Eichhornia crassipes*, 3 tanques com 50% de cobertura de *Eichhornia crassipes*, e 3 tanques controle sem plantas (Fig. 1). Ressalta-se que o efluente de abastecimento dos tanques experimentais já havia passado pelas etapas de tratamento

citadas acima. Para a definição da área de cobertura de 50%, foram considerados os estudos de McDonald & Wolverton (1980) e de Kawai & Grieco (1983).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e desenvolvido entre os meses de fevereiro e maio de 2004, período este adequado considerando as exigências de temperatura e intensidade luminosa que *Eichhornia crassipes* requer para manter uniformidade no seu desenvolvimento, evitando assim pulsos de infestações rápidas que são, de acordo com Esteves (1982), inadequados para as avaliações pretendidas no presente estudo.

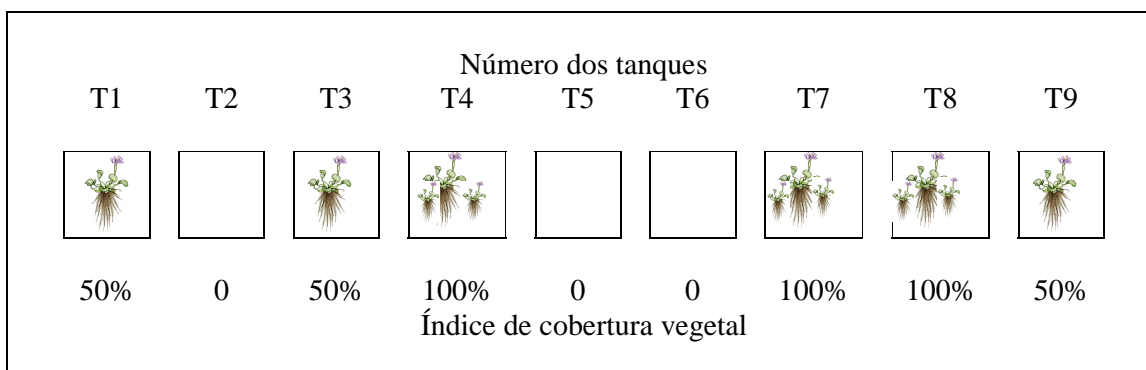


Figura 1 – Esquema demonstrativo da distribuição dos tanques utilizados no experimento. Vazão de efluente:  $0,47 \text{ L.min}^{-1}$  durante 8 horas por dia.

Os exemplares de *Eichhornia crassipes* introduzidos nos tanques experimentais foram coletados em ambiente úmido (município de Estrela/RS, Brasil) livre de qualquer despejo de poluentes. Foram selecionados exemplares quanto à uniformidade de tamanho e forma, desinfetados durante 1 minuto em solução de hipoclorito de sódio 1% e então colocados 15 exemplares em cada tanque, abastecidos com água corrente proveniente de poço artesiano, onde foram mantidas por 7 dias. A desinfecção com hipoclorito de sódio e a o tratamento prévio com água de poço artesiano serviu para a eliminação de algas e protozoários oriundos do local de coleta que poderiam vir a interferir nos resultados.

Após esse período, os tanques passaram a receber o efluente proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), mantida uma vazão constante de  $0,42 \text{ L.min}^{-1}$  para circulação do efluente, obtendo-se 5 dias de tempo de residência.

Para determinação de biomassa aérea das macrófitas aquáticas presentes em cada tanque, realizou-se a contagem e marcação de todos os limbos foliares, sendo que a cada contagem semanal, foram determinadas as superfícies foliares de 15 folhas (limbos e pecíolos). As marcações foram efetuadas com perfurador manual, e as medições de largura e comprimento com paquímetro digital. Com base nesses dados e utilizando a metodologia descrita por Gonçalves *et al.* (2005) obteve-se os valores de biomassa. A idade das folhas foi determinada com base na marcação semanal nas folhas jovens.

As áreas de cobertura com plantas foram mantidas com a retirada de indivíduos ao acaso, os quais eram destinados ao leito de secagem da empresa. No caso específico do tanque com cobertura de 50%, a definição desta porcentagem foi feita com a utilização de uma barreira física móvel de contenção, a qual era introduzida no tanque no momento da retirada dos indivíduos em excesso.

Considerando que o tempo de residência do efluente avaliado nos tanques experimentais é de 5 (cinco) dias, fez-se a medição dos valores de demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total (N total), fósforo total (P total) e cromo total (Cr total), na entrada sempre 5 dias antes de efetuar os mesmos na saída, visando avaliar a real capacidade de depuração de *E. crassipes* neste tipo de sistema.

Para avaliação da quantidade e distribuição de cromo nos diversos tratamentos, as plantas foram coletadas, identificadas quanto à idade das folhas e após secas em estufa e trituradas em moinho. Para a realização das análises químicas de nitrogênio total (N total), fósforo total (F total) e cromo total (Cr total) na biomassa, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solo, Água e Resíduo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para determinação segundo Standard Methods (APHA 2000). As datas de amostragens foram as mesmas que as anteriores.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo von Sperling (2005) nas estações de tratamento de efluentes são várias as atividades cujo controle envolve determinações de pH. Considerando que a faixa de pH para lançamento de efluentes em recursos hídricos é de 5 a 9, conforme a Resolução CONAMA 357/2005, monitorou-se diariamente o pH dos tanques, sendo os valores obtidos na faixa entre 6 e 7,2, o que caracteriza um ambiente adequado para o desenvolvimento de *Eichhornia crassipes* e a impossibilidade de redução de cromo hexavalente à forma trivalente (Zeng *et al.* 2005). Não foi observada alteração da faixa de pH na passagem do efluente pelos tanques, sendo baixa a possibilidade de redução de cromo hexavalente à forma trivalente.

A DBO<sub>5</sub> é um parâmetro importante no controle das eficiências das estações de tratamento uma vez que corresponde a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável (von Sperling 2005). Observa-se diminuição dos valores de DBO<sub>5</sub> no efluente após a passagem pelos tanques, porém não é significativa a diferença entre os tratamentos, indicando que o tempo de permanência foi mais importante do que a presença ou não de *Eichhornia crassipes* (Fig. 2).

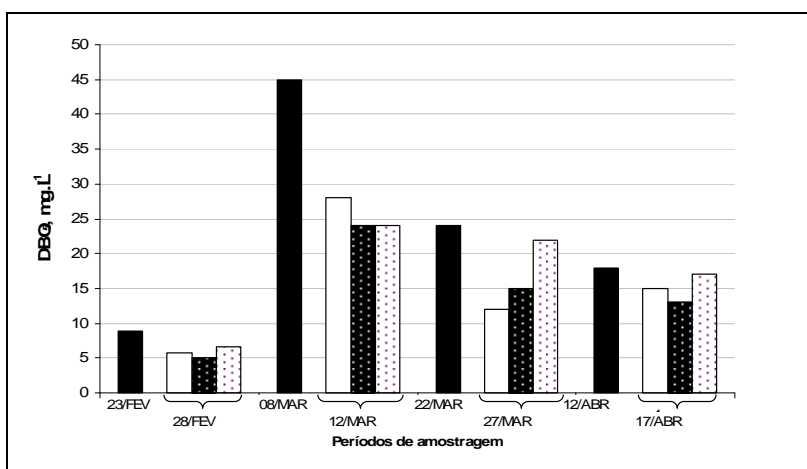


Figura 2 - Valores de demanda bioquímica de oxigênio nos diferentes tratamentos e períodos de amostragem. Legenda: ■ efluente de entrada; □ controle (branco, sem plantas); ▨ sem manejo (100% de cobertura vegetal) e ▩ com manejo (50% de cobertura vegetal).

Von Sperling (2005) cita ainda que a DQO é um parâmetro útil para avaliação dos sistemas de tratamento, principalmente quando utilizada conjuntamente com a DBO<sub>5</sub>, para observar a biodegradabilidade dos efluentes. Desta forma os resultados da DQO de uma amostra são superiores aos de DBO<sub>5</sub>, quanto mais os valores de DBO<sub>5</sub> se aproximarem da DQO, isto significa que mais facilmente biodegradável será o efluente. A relação DQO/DBO<sub>5</sub> durante as amostragens ficaram próximas a 3/1. Independente dos tratamentos, os valores de DQO obtidos não se alteram significativamente após a passagem pelos tanques (Fig. 3).

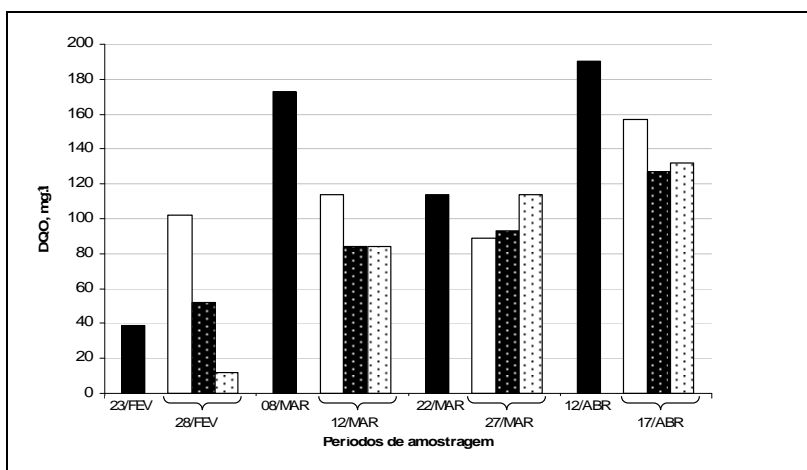


Figura 3 - Valores de demanda química de oxigênio nos diferentes tratamentos e períodos de amostragem. Legenda: ■ efluente de entrada; □ controle (branco, sem plantas); ▨ sem manejo (100% de cobertura vegetal) e ▩ com manejo (50% de cobertura vegetal).

Nitrogênio e fósforo constituem-se nos dois macronutrientes mais importantes nos processos biológicos, por serem exigidas grandes quantidades desses compostos pelas células (Kerbaui 2004). Assim, tornam-se parâmetros imprescindíveis para caracterização de efluentes a serem tratados por processos biológicos.

Segundo Corrêa *et al.* (2002), o crescimento do aguapé é diretamente proporcional ao fornecimento de níveis baixos ou moderados de nutrientes. Quando os nutrientes se encontram em concentrações elevadas, não ocasionam aumento do crescimento da planta, mas acarretam sua assimilação luxuriante.

Porém, assim como nos experimentos de Dellarossa *et al.* (2001), os tanques recebiam uma quantidade mínima necessária de nutrientes, não constituindo portanto, o efluente como um fator limitante de crescimento.

Já Lopes-Ferreira (1995) constatou o efeito depurador de macrófitas no tratamento de esgotos sanitários, reduzindo a carga de nutrientes, de coliformes fecais e a demanda bioquímica de oxigênio, por meio de adsorção de material orgânico particulado e dissolvido pelas raízes. O autor afirma ainda que a alta concentração de nutrientes satura as plantas, podendo ocorrer degeneração no metabolismo, embora a assimilação luxuriante possa ser limitada por algum mecanismo de defesa.

Nas coletas dos dias 28 de fevereiro e 12 de março observa-se que a quantidade de nitrogênio total presente na entrada dos tanques e na saída são muito próximas indicando que neste período a *Eichhornia crassipes* não utilizou grandes quantidades do nitrogênio disponível no efluente. Nas coletas seguintes, 27 de março e 17 de abril, observa-se que houve diminuição significativa da quantidade de nitrogênio presente após a passagem pelos tanques, porém não há diferença entre os tratamentos (sem plantas e com plantas) indicando que o tempo de residência foi mais importante do que a presença ou não de *Eichhornia crassipes* (Fig. 4).

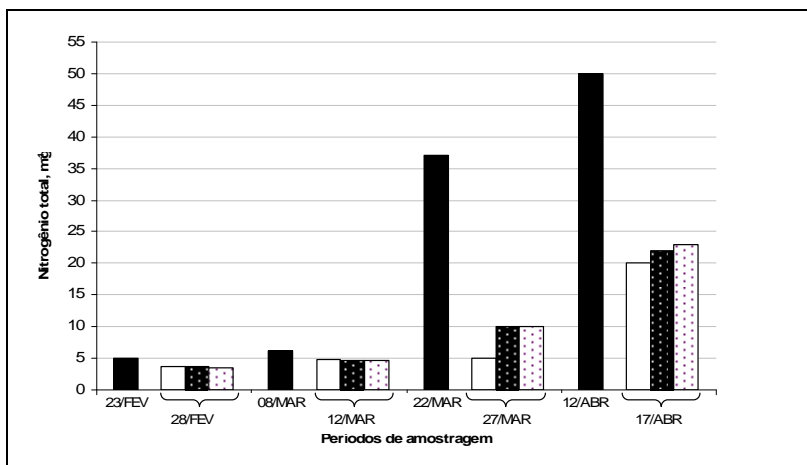


Figura 4 - Valores de nitrogênio total nos diferentes tratamentos e períodos de amostragem. Legenda: ■ efluente de entrada; □ controle (branco, sem plantas); ▨ sem manejo (100% de cobertura vegetal) e ▩ com manejo (50% de cobertura vegetal).

As quantidades de fósforo total medidas indicam diminuição da carga poluente após a passagem pelos tanques, sendo bastante interessante os valores obtidos no tanque com manejo, uma vez que estes ficaram muito próximos nas diferentes coletas, independente da quantidade de entrada. Segundo Kerbauy (2004) na falta de fósforo no meio externo, a velocidade da absorção pode aumentar 2 a 4 vezes, dependendo da espécie, podendo ser um indicativo dos valores observados nos tanques. Entre os tratamentos, os resultados são bastante diversos indicando uma sutil eficiência nos tanques com *Eichhornia crassipes* (Fig. 5).

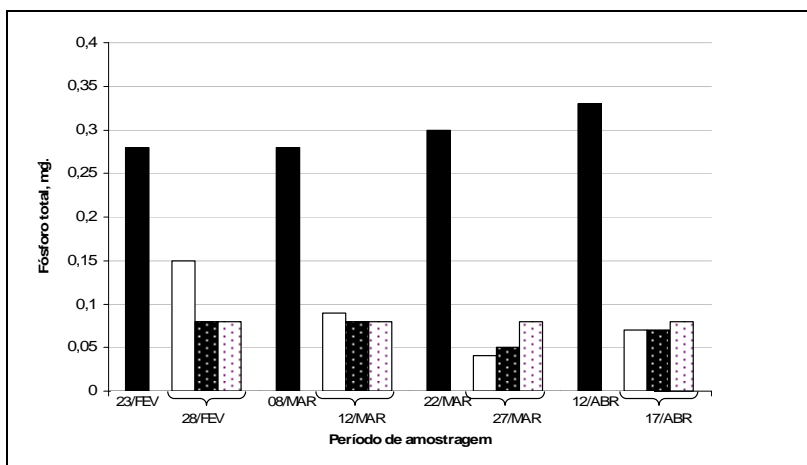


Figura 5 - Valores de fósforo total nos diferentes tratamentos e períodos de amostragem. Legenda: ■ efluente de entrada; □ controle (branco, sem plantas); ▨ sem manejo (100% de cobertura vegetal) e ▩ com manejo (50% de cobertura vegetal).

De acordo com Taiz *et al.* (2004), o cromo não possui essencialidade comprovada na nutrição das plantas. Com base nos resultados, pode-se perceber claramente que os efluentes que passaram pelos tanques com a presença de *Eichhornia crassipes* apresentaram diminuição na carga de cromo total, enquanto é mínima a diferença entre o efluente de entrada e de saída do tanque controle, indicando que tempo de permanência não é condição de diminuição da carga de cromo (Fig. 6).

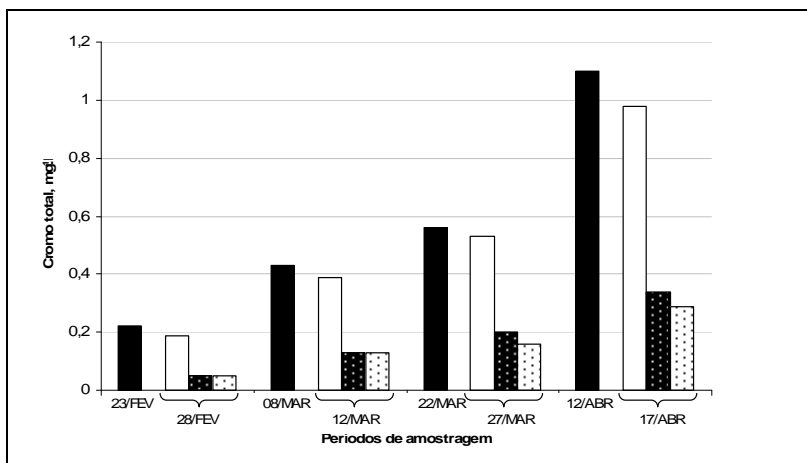


Figura 6 – Concentrações de cromo total nos diferentes tratamentos e períodos de amostragem. Legenda: ■ efluente de entrada; □ controle (branco, sem plantas); ▨ sem manejo (100% de cobertura vegetal) e ▩ com manejo (50% de cobertura vegetal).

Quando analisados os tecidos vegetais e comparando-se as concentrações de nutrientes de *Eichhornia crassipes* provenientes dos tanques piloto abastecidos com efluente com plantas desenvolvidas em ambiente natural, observa-se que na primeira coleta houve incremento de nitrogênio e pequena perda de fósforo, sendo que a presença de cromo nos tecidos foi incrementada.

A partir desse momento, as demais coletas demonstram que a quantidade de cromo absorvida é cumulativa ficando evidente isso na comparação entre os tanques com e sem manejo, onde os resultados de maior carga de cromo é observada no tanque sem manejo. Comparando-se a absorção de Cr, N e P, observa-se que ocorre uma menor absorção de nitrogênio e fósforo a partir da segunda coleta, quando as plantas já estão com um nível mais elevado de cromo nos tecidos (Fig. 7).

A assimilação luxuriante de nitrogênio e fósforo na fase inicial de desenvolvimento de *Eichhornia crassipes* nos tanques se mostrou importante para o adiamento do início da senescência, pois quando a planta passou a acumular cromo nos tecidos houve uma diminuição das taxas de absorção de nitrogênio e fósforo do efluente.

Porém a planta continuou crescendo por um baixo período, uma vez que a assimilação de nitrogênio é um processo vital que controla o crescimento e o desenvolvimento da planta. O nitrogênio inorgânico é assimilado em aminoácidos, que servem como importantes armazenadores de nitrogênio em plantas (Lam *et al.* 1996).

Embora *Eichhornia crassipes* seja conhecida como um importante bio-filtro para a remoção de metais em muitos estudos experimentais (Nir *et al.* 1990; Xiang *et al.* 1994), os resultados do presente estudo, assim como os de Schamik Das (2004), não são conclusivos quando se relaciona elementos de nutrição essenciais (como nitrogênio e fósforo) com metais pesados.

Os estudos de Klumpp *et al.* (2002) apontam que as concentrações de fósforo em tecidos vegetais de aguapé mostraram um padrão similar independente do local de ocorrência, porém a concentração de fósforo nas plantas provenientes de ambiente natural mostraram-se superiores às quantidades de fósforo encontradas nas plantas desenvolvidas nos tanques abastecidos com efluente, indicando uma possível maior concentração do nutriente no ambiente natural.

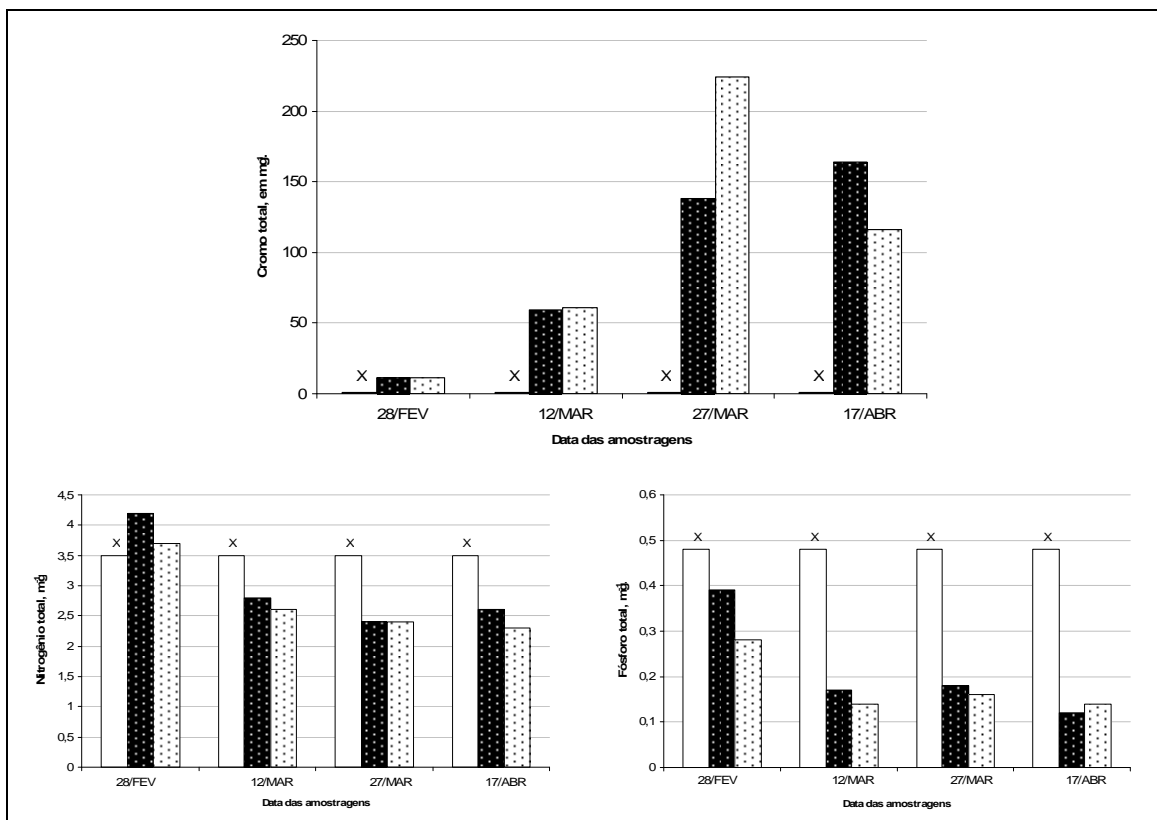


Figura 7 - Valores de cromo, nitrogênio e fósforo total em tecido vegetal, nos diferentes tratamentos e períodos de amostragem. Legenda: X – ambiente natural (município de Estrela/RS) – amostragem única em 28 de fevereiro; ■ – tanques piloto abastecido com efluente / sem manejo (100% de cobertura vegetal) e □ – tanques piloto abastecido com efluente / com manejo (50% de cobertura vegetal).

Comparando-se as quantidades de cromo presentes nas plantas com as características do efluente de entrada do sistema, podemos concluir que a planta absorve e acumula nos seus tecidos o cromo, fato este também observado por Soltan & Rasched (2003). Gaur *et al.* (1992) considera que os níveis de cromo não apresentam fitotoxicidade, acreditando que exista um mecanismo de controle pela planta. Porém neste estudo as plantas em contato com o cromo demonstraram menor tempo de sobrevivência, entrando em gradual senescência.

Pela condição de senescência, o não manejo dos espécimes pode acarretar um retorno para o ambiente aquático, a longo prazo, durante o processo de decomposição vegetal. Em relação a este retorno Soltan & Rasched (2003) consideram a *E. crassipes* um descontaminador mais do que um contaminante.

## CONCLUSÕES

Os resultados apresentados nestes experimentos indicaram que *Eichhornia crassipes* é eficiente na absorção de cromo existente em efluente da indústria coureira.

A redução dos teores de nitrogênio e fósforo do efluente foi semelhante nos diferentes tratamentos (sem plantas, com plantas com manejo e sem manejo,) indicando que a eficiência de *Eichhornia crassipes* é discreta para estes nutrientes se comparado com os tanques sem a presença da planta. O estresse causado pela presença de cromo também pode ser uma causa presumível para a baixa eficiência de absorção pelas plantas nos tanques com efluente.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Laboratório de Limnologia do Instituto de Biociências da UFRGS e ao Setor de Botânica e Paleobotânica do Museu de Ciências Naturais da UNIVATES pelo incentivo e suporte.

## RESUMO

Plantas aquáticas vem sendo utilizadas com sucesso para fitorremediação de ambientes aquáticos, com objetivo de eliminação ou diminuição de elementos químicos. Este estudo demonstra o potencial de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, planta aquática flutuante livre, para a fitorremediação de elementos químicos presentes no efluente proveniente da estação de tratamento de efluentes da indústria do couro. O experimento foi composto de 9 tanques de 1 m<sup>3</sup> de efluente e três tratamentos, sendo eles: i) tanque controle sem plantas, ii) tanque com 50% de cobertura vegetal, e iii) tanque com 100% de cobertura vegetal. Foram mensuradas durante a avaliação as remoções de DBO<sub>5</sub>, DQO, N, P e Cr do efluente e da parte aérea de *E. crassipes*. Os resultados obtidos permitiram concluir que a presença de plantas é eficiente para a remoção de cromo. Para os demais parâmetros, apenas o tempo de residência de 5 dias nos tanques apresentou reduções dos poluentes.



## REFERÊNCIAS

- APHA, AWWA, WEF. (2000) *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 19a ed. Washington, USA: American Publication Health Association.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente/CONAMA. *Resolução nº 357* de 17 de março de 2005. Classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional. Brasília.
- Brix, H. & Scherup, H. H. (1989) The use of aquatic macrophytes in water – pollution control. *Ambio*, **15**: 100-107.
- Cakmak, I.; Welch, R. M.; Hart, J.; Norvell, W. A.; Ozturk, L & Kochian, L.V. (2000) Uptake and retranslocation of leaf-applied cadmium (<sup>109</sup>Cd) in diploid, tetraploid and hexaploid wheats. *Journal of Experimental Botany*, **51**: 221-226.
- Casabianca, M. L. (1995) Large-scale production of *Eichhornia crassipes* on paper industry effluent. *Bioresource Technology*, **54**: 35-38.
- Chandra, P. & Kulshreshtha K. (2004) Chromium accumulation and toxicity in aquatic vascular plants. *The Botanical Review*, **70**: 313-327.
- Corrêa, M. R.; Velini, E. D.; Arruda, D. P. (2002) Teores de metais na biomassa de *Egeria densa*, *Egeria najas* e *Ceratophyllum demersum*. *Planta Daninha*, **20**: 45-49.
- Dellarossa, V.; Céspedes, J. & Zaror, C. (2001) *Eichhornia crassipes* – based tertiary treatment of Kraft pulp mill effluents in Chilean Central Region. *Hydrobiologia*, **443**: 187-191.
- Ennabili, A.; Ater, M. & Radoux, M. (1998) Biomass production and NPK retention in macrophytes from wetlands of the Tingitan Peninsula. *Aquatic Botany*, **62**: 45-56.
- Esteves, F. A. (1982) Biomass and analysis of the major inorganic components on floating aquatic macrophyte (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) in six reservoirs of São Paulo state (Brazil). *Ciência & Cultura*, **34**: 1196-1200.
- Farahbakhshazad, N.; Morison, G. M. & Salati, E. F. (2000) Nutrient removal in vertical upflow wetland in Piracicaba, Brazil. *Ambio*, **29**: 74-77.
- Gauer, J. P., Noraho, N. & Chauhan, Y. S. (1994) Relationship between heavy metal accumulation and toxicity in *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid and *Azolla pinnata* R. Br. *Aquatic Botany* **49**:183-192.
- Gonçalves, C. V. ; Schwarzbald, A. ; Osterkamp, I. C. (2005) Obtenção de biomassa de *Eichhornia crassipes* proveniente de ambiente natural, município de Lajeado/RS - métodos destrutivo e não destrutivo. In: *X Congresso Brasileiro de Limnologia*, 2005, Ilhéus - Bahia. Anais do X Congresso Brasileiro de Limnologia, 2005.
- Gopal, B. & Sharma, K. P. (1979) Aquatic weed control versus utilization. *Economic Botany*, **33**: 340-346.
- Greenway, M. (1997) Nutrient content of wetland plants in constructed wetlands receiving municipal effluent tropical Australia. *Water Science Technology*, **35**: 135-142.
- Karpiskak, M. M.; Gerba, C. P.; Watt, P. M.; Foster, K. E. & Falabi, J. A. (1996) Multi-species plant systems for wastewater quality improvements and habitat enhancement. *Water Science Technology*, **33**: 231-236.
- Kawai, H. & Grieco, V. M. (1983) Utilização do aguapé para tratamento de esgotos domésticos. Estabelecimento de critérios de dimensionamento de lagoas de aguapé e abordagem de alguns problemas operacionais. *Rev. DAE*, **135**: 79-90.
- Kerbaui, G. B. (2004) *Fisiologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Klumpp, A; Bauer, K.; Franz-Gerstein, C. & Menezes, M. (2002) Variation of nutrient and metal concentrations in aquatic macrophytes along the Rio Cachoeira in Bahia (Brazil). *Environment International*, **28**: 165– 171.
- Knight, R. L.; Kadlec, R. H. & Ohlendorf, H. M. (1999) The use of treatment wetlands for petroleum industry effluents. *Environmental Science & Technology*, **33**: 973-980.
- Lam, H.-M., Coschigano, K. T. ; Oliveira, I. C.; Melo-Oliveira, R.; Coruzzi, G. M. (1996) The molecular-genetics of nitrogen assimilation into amino acids in higher plants. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, **47**: 569-593.

- Lopes-Ferreira, C. M. (1995) O papel de uma região colonizada por macrófitas aquáticas na depuração de efluentes domésticos na lagoa Imboacica (Macaé-RJ). *Dissertação* (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.
- Machado, C. J. S. (2003) Recursos hídricos e cidadania no Brasil: limites, alternativas e desafios. *Ambiente & Sociedade*, **VI**: 121-136.
- Mangabeira, P. A. O.; Labejof, L.; Lamperti, A.; Almeida, A-A. F.; Oliveira, A. H.; Escaig, F.; Severo, M. I. G.; Silva, D. da C.; Salões, M.; Mielke, M. S.; Lucena, E. R.; Martins, M. C.; Santana, K. B.; Gavrilov, K. L.; Galle, P & Levi-Setti, R. (2004) Accumulation of chromium in root tissues of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms in Cachoeira River - Brazil. *Applied Surface Science*, **231-232**: 497-501.
- Martins, F. B.; da Rocha, J. S. M.; Robaina, A. D.; Kurtz, S. M. DE J.; Kurtz, F. C.; Garcia, S. M.; Santos, A. H. de O.; Dill, P. R. J. & NOAL, T. N. (2005) Zoneamento ambiental da sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria (RS) (estudo de caso). *Cerne*, **11**: 315-322.
- McDonald, R. C. & Wolverton, B. C. (1980) Comparative study of waste water lagoon with and without water hyacinth, *Eichhornia crassipes*. *Economic Botany*, **34**: 101- 110.
- Muramoto, S. & Oki, Y. (1983) Removal of some heavy metals from polluted water by water hyacinth. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **30**: 170-177.
- Nir, R., Gasith, A. & Perry, A. S. (1990) Cadmium uptake and toxicity to waterhyacinth: effect of repeated exposures under controlled conditions. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **44** : 149–157.
- Oliveira, J. A. de; Cambraia, J.; Cano, M. A. O. & Jordão, C. P. (2001) Absorção e acúmulo de cádmio e seus efeitos sobre o crescimento relativo de plantas de aguapé e de salvinia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, **13**: 329-342.
- Pompêo, M. L. M., Henry, R., Moschini-Carlos, V. & Padovani, C. R. (1997) A influência da macrófita aquática *Echinochloa polystachya* (H. B. K.) Hitchcock nas características físicas e químicas da água na zona de desembocadura do rio Parapanema na represa de Jurumirim – SP. *ECORIO: Revista Brasileira de Ecologia*, **1**: 44-53.
- Reddy, K. R. & Debusk, W. F. (1987) Nutrient storage capabilities of aquatic and wetland plants. In: Reddy, K. R. & Smith, W. H. (ed). *Aquatic plants for water treatment and resource recovery*. Magnolia Publishing Inc.: Florida, 1987. p. 337-357.
- Reddy, K. R.; Sacco, P. D.; Graetz, D. A.; Campbell, K. L.; & Portier, K. M. (1983) Effect of aquatic macrophytes on physico-chemical parameters of agricultural drainage water. *Journal Aquatic Plant Management*, **21**: 1-7.
- Salati, E.; Salati, E. J.; Salati, E.; Tauk-Tornisielo, S. M.; Brega, D. F. & Bombonato, C. J. (1999) Use of the HSD system (Hydric Depuration with Soils) associated to other constructed wetlands techniques for public water supply. *Water Science Technology*, **40**: 203-210.
- Scremin-Dias, E.; Pott, V. J.; da Hora, R. C. & de Souza, P. R. (1999) *Nos jardins submersos da Bodoquena*. Campo Grande: Ed. UFMS, 160 p.
- Shamik Das, B.B. Jana. (2004) Distribution pattern of ambient cadmium in wetland ponds distributed along an industrial complex. *Chemosphere*, **55**: 175-185.
- Simpson, D. & Sanderson, H. (2002) *Eichhornia crassipes, Pontederiaceae*. In: Royal Botanic Garden, Kew 2002. Blackwell Publishing Ltd. 28-34 p.
- Soltan, M. E. & Rashed, M. N. (2003) Laboratory study on the survival of water hyacinth under several conditions of heavy metal concentrations. *Advances in Environmental Research*, **7**: 321–334.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2004) *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed.
- von Sperling, M. (2005) *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias*; vol. 1). Belo Horizonte: DESA-UFMG, 452p.
- Warwick, N. W. M. & Brock, M. A. (2003) Plant reproduction in temporary wetlands: the effects of seasonal timing, depth, and duration of flooding. *Aquatic Botany*, **77**: 153-167.
- Weber, A. S. & Tchobanoglous, M. (1985) Nitrification in water hyacinth treatment systems. *Journal of Environmental Engineering*, **11**: 699-713.

- Wilson, J. R.; Holst, N. & Rees, M. (2005) Determinants and patterns of population growth in water hyacinth. *Aquatic Botany*, **81**: 51-67.
- Wooten, W. J. & Dood, J. D. (1976) Growth of water hyacinths in treated sewage effluent. *Economic Botany*, **30**: 29-37.
- Xiang, D.; Jiang, J.; Wang, Y. & Ru, B. (1994) Bioconcentration of cadmium in waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) in relation to thiol group content. *Environ. Pollut.*, **84**: 93-96.
- Zheng, S.; Xu, Z.; Wang, Y; Wei, Z. & Wang, B. (2000) On the enhanced catalytic activity of TiO<sub>2</sub> – Supported Layered Compounds for Cr (VI) photoreduction. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, **137**: 185-189.
- Zhou, W.; Zhu, D; Tan, L; Liao, S; Hu, Z. & Hamilton, D. (2006) Extraction and retrieval of potassium from water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) *Bioresource Technology*, In Press, Corrected Proof, Available online 4 January 2006.



## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

### Submission of papers

*Brazilian Archives of Biology and Technology* publishes original research papers, Short notes and Review articles in English in the interdisciplinary areas of biological sciences and engineering/technology. Submission of paper implies that it has not been published or being considered for publication elsewhere. Care should be taken to prepare a compact manuscript with precision in presentation, which will help authors in its acceptance. All the papers are subjected to review by referees.

### Manuscript

Three copies of the single-spaced typed manuscript (maximum 12 pages) on a high grade A-4 size paper (210x297 mm), with margins (left 25, right 20, superior and inferior 30 mm) should be prepared. This should be divided under the following headings: ABSTRACT, INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION, ACKNOWLEDGEMENTS, RESUMO, REFERENCES. These headings should be typed in bold upper case (12 font).

### Title

The title (18 font, bold) of the paper should clearly reflect its contents. It should be followed by the name(s) of author(s) with expanded initials (12 font, bold) and the address(s) (*italic*, 10 font) of the institution(s) where the work has been carried out.

### ABSTRACT

Each paper should be provided with an abstract (*italic*) of 100-150 words, describing briefly on the purpose and results of the study. It should be prepared as concisely as possible.

### Key words

Authors should provide three to six key words that will be used in indexing their paper.

### INTRODUCTION

This should describe the background and relevant information about the work. It should also state the objective of the work.

### MATERIALS AND METHODS

Authors must take care in providing sufficient details so that others can repeat the work. Standard procedures need not be described in detail.

### In journals:

Pandey, A. (1992), Recent developments in solid state fermentation. *Process Biochem.*, **27**, 109-117

### Thesis:

Chang, C. W. (1975), Effect of fluoride pollution on plants and cattle. PhD Thesis, Banaras Hindu University, Varanasi, India

### In books:

Tengerdy, R. P. (1998), Solid substrate fermentation for enzyme production. In *Advances in Biotechnology*, ed. A. Pandey. Educational Publishers & Distributors, New Delhi, pp. 13-16

Pandey, A. (1998), *Threads of Life*. National Institute of Science Communication, New Delhi

### In conferences:

Davison, A. W. (1982), Uptake, transport and accumulation of soil and airborne fluorides by vegetation. Paper presented at 6<sup>th</sup> International Fluoride Symposium, 1-3 May, Logan, Utah

### Tables and Figures

Tables and figures, numbered consecutively with arabic numerals must be inserted at appropriate place in the text. These should be used to present only those data, which can not be described in the text

### Units and Abbreviations

The SI system should be used for all experimental data. In case other units are used, these should be added in parentheses. Only standard abbreviations for the units should be used. Full stop should not be included in the abbreviation (e.g. m, not m. or rpm, not r.p.m.). Authors should use '%' and '/' in place of 'per cent' and 'per'.

### Manuscript lay-out

It is suggested that authors consult a recent issue of the journal for the style and layout. Except the title, abstract and key words, entire text should be placed in two columns on each page. Footnotes, except on first page indicating the corresponding author (8 font) should not be included. The entire manuscript should be prepared in Times New

## RESULTS AND DISCUSSION

Results and Discussion may be presented separately or in combined form (authors may decide easier way for them). Preliminary work or less relevant results are not to be described. The reproducibility of the results, including the number of times the experiment was conducted and the number of replicate samples should be stated clearly.

## RESUMO

An abstract of the paper should also be prepared in Portuguese and placed before the list of References. Authors from other than Latin American countries can seek the help of Editor's office to prepare Portuguese resumo of their papers.

## REFERENCES

References in the text should be cited at the appropriate point by the name(s) of the author(s) and year (e.g. Raimbault & Roussos, 1996; Raimbault *et al.*, 1997). A list of references, in the alphabetic order (10 font), should appear at the end of the manuscript. All references in the list should be indicated at some point in the text and vice versa. Unpublished results should not be included in the list. Examples of references are given below.

Roman, 11 font (except reference list, which should be in 10 font).

## Spacing

Leave one space between the title of the paper and the name(s) of the author(s), and between the headings and the text. No space should be left between the paragraphs in the text. Leave 0.6-cm space between the two columns.

## Electronic submission

Manuscript should be accompanied by a diskette indicating the name and version of the word processing programme used (use only MS Word 6/7 or compatible).

## Referees

When submitting the manuscript authors may suggest up to three referees, preferably from other than their own countries, providing full name and address with email. However, the final choice of referees will remain entirely with the Editor.

## Page charges and reprints

There will be no page charges. Reprints can be ordered up on acceptance of the paper. Manuscripts and all correspondence should be sent to the Editor, Prof. Dr. Carlos R. Soccol  
**Brazilian Archives of Biology and Technology** Rua Prof. Algacyr Munhoz Mader 3775 - CIC  
 81350-010  
 Curitiba - PR, Brazil  
 Fax +55-41-3245 08 44  
 Email: [niet@tecpar.br](mailto:niet@tecpar.br)

**Prof. Dr. Carlos R. Soccol**  
 Brazilian Archives of Biology and Technology  
 Rua Prof. Algacyr Munhoz Mader 3775-CIC 81350-010  
 Curitiba-PR, Brazil  
 Fax +55-41-3247 67 88  
 Email: [niet@tecpar.br](mailto:niet@tecpar.br)

---

Subscription Information Published quarterly.  
 Annual institutional subscription rates:  
 R\$ 300,00 for Brazil;  
 US\$ 150.00 for other countries (postage included).

## QUALIS - Classificação de Periódicos, Anais, Jornais e Revistas

versão 1.0

### PESQUISA DE PERIÓDICO POR TÍTULO

Título:

Consulta

Relação de Periódicos - Classificação relativa a dados de 2004

### [Critérios de Classificação do Qualis por Área](#)

ISSN	Título	Classificação	Circulação	Área de Avaliação
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	C	Internacional	CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	C	Internacional	ASTRONOMIA / FÍSICA
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	B	Nacional	QUÍMICA
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	A	Nacional	GEOCIÊNCIAS
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	A	Internacional	CIÊNCIAS BIOLÓGICAS I
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	A	Nacional	ECOLOGIA E MEIO AMBIENTE
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	C	Internacional	CIÊNCIAS BIOLÓGICAS II
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	B	Nacional	ENGENHARIAS I
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	B	Internacional	ENGENHARIAS II
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	B	Internacional	MEDICINA II
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	B	Internacional	FARMÁCIA
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	B	Internacional	SAÚDE COLETIVA
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	A	Internacional	ZOOTECNIA / RECURSOS PESQUEIROS
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	A	Internacional	MEDICINA VETERINÁRIA
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	B	Internacional	CIÊNCIA DE ALIMENTOS
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	A	Internacional	CIÊNCIAS AGRÁRIAS
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	C	Internacional	MULTIDISCIPLINAR
1516-8913	Brazilian Archives of Biology and Technology	C	Internacional	ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

## ANEXOS

**MODELO PARA DISSERTAÇÕES E TESES NO FORMATO DE ARTIGO:  
(aprovado pela Comissão Coordenadora do PPG – Ecologia em 18/JAN/2001)**

- Capa
- Agradecimentos (devendo mencionar o Programa de Pós-Graduação, bem como, se for bolsista, fonte de pagamento, ex: CAPES, CNPq, etc)
- Resumo (do trabalho como um todo)
- Palavras-chave
- Abstract
- Key words
- Introdução geral do problema (com revisão bibliográfica), citando objetivos. Caso houver um artigo específico que contemple a revisão bibliográfica, retirar esta questão neste item.
- Capítulo 1 (ou artigo 1): completo, de acordo com as normas da revista a ser escolhida
- Capítulo 2 (ou artigo 2): idem
- Capítulo n... (no caso, deverá ser citado o Programa de Pós-Graduação no endereço do autor)
- Considerações finais sobre o assunto tratado (discussão geral)
- Referência bibliográfica (citadas na introdução e considerações finais, segundo ABNT)
- Anexos
- Normas da revista escolhida

Obs: os artigos poderão ser apresentados em outro idioma, desde que com o consentimento da Comissão Coordenadora.



## RESULTADOS ESTATÍSTICOS

R Development Core Team (2006). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

## CAPÍTULO I

Estimativa da biomassa foliar de *Eichhornia crassipes* Mart. Solms por alometria

## Limbo

```
> a<-scan()
1: 5.90 3.80 0.168
4: 5.20 3.70 0.174
7: 6.00 3.70 0.1832
10: 4.10 2.70 0.0843
13: 4.10 2.30 0.1084
16: 3.90 2.60 0.0748
19: 4.80 5.60 0.2257
22: 4.20 2.60 0.0966
25: 4.00 2.50 0.0879
28: 5.00 4.30 0.1956
31: 5.10 4.80 0.2104
34: 3.60 2.40 0.0676
37: 3.20 2.10 0.059
40: 4.70 4.50 0.2106
43: 4.00 3.50 0.1296
46: 5.20 4.40 0.1785
49: 4.70 3.20 0.1417
52: 5.70 6.20 0.2838
55: 2.90 2.10 0.0457
58: 3.20 2.40 0.0665
61: 3.00 2.10 0.0576
64: 2.40 1.90 0.0423
67: 2.40 1.70 0.0305
70: 2.00 1.60 0.0276
73: 4.70 5.30 0.2201
76: 5.00 3.30 0.1218
79: 5.40 3.70 0.1387
82: 4.80 3.40 0.1199
85: 7.10 6.40 0.3892
88: 5.20 3.40 0.1313
91: 4.50 3.20 0.1164
94: 5.30 3.30 0.1369
97: 4.70 3.30 0.1275
100: 4.60 3.40 0.1135
103: 4.90 3.40 0.1198
106: 3.80 3.10 0.0956
109: 5.20 3.70 0.1436
112: 4.50 3.30 0.1174
115: 5.00 3.40 0.1501
118: 5.40 5.20 0.2184
121: 4.90 3.30 0.0927
124: 4.30 3.40 0.0955
127: 3.80 2.90 0.0758
130: 5.60 3.90 0.1373
133: 5.20 3.50 0.1603
136: 5.90 4.00 0.2116
139: 6.90 5.50 0.2715
142: 6.10 4.50 0.2589
145: 4.10 2.80 0.0935
148: 5.60 3.70 0.2031
151: 5.50 3.60 0.184
154: 6.90 5.20 0.3048
157: 4.90 3.80 0.1874
160: 4.40 3.50 0.134
163: 4.70 3.40 0.1536
166: 4.20 3.10 0.1145
169: 6.10 6.40 0.3227
172: 4.90 3.30 0.1412
175: 5.40 4.50 0.2002
178: 5.2 4.4 0.2065
181: 4.4 3.1 0.1269
184: 4.3 3.2 0.083
187: 4.4 3.8 0.1427
190: 5.2 4.4 0.2003
193: 4.8 3.5 0.1342
196: 4.1 2.8 0.0789
199: 3.4 3.4 0.1005
202: 5.5 4.2 0.2038
205: 6.4 6.7 0.3597
208: 4.5 3.4 0.1466
211: 4.4 3.3 0.1444
214: 5 3.7 0.1688
```

```

217: 4.8 3.5 0.169
220: 2.9 2 0.027
223: 3.9 2.8 0.0977
226: 5.8 3.8 0.1322
229: 3.7 2.6 0.0505
232: 4.7 3.4 0.1255
235: 5 3.3 0.1176
238: 4.2 3.9 0.1056
241: 4.4 4 0.1317
244: 5.2 3.3 0.1295
247: 4.6 3.6 0.1116
250: 4.8 5.1 0.2008
253: 5 3.3 0.107
256: 3.7 2.6 0.0656
259: 4.2 3.3 0.0786
262: 5.8 4.2 0.1546
265: 6.3 5.7 0.3478
268: 7 4.4 0.1416
271: 5.1 3.4 0.1682
274: 5.8 4.1 0.2292
277: 4.5 3 0.1268
280: 4.3 3.6 0.1023
283: 3 2.2 0.0432
286: 6.6 4.6 0.2744
289: 2.3 1.8 0.0338
292: 6 4 0.1949
295: 5.3 3.3 0.099
298: 5.6 3.8 0.1741
301: 6.9 4.5 0.2028
304: 4.4 3.5 0.1051
307: 3.7 3.3 0.0928
310: 4.5 2.8 0.0845
313: 4.3 2.7 0.0837
316: 4.7 3 0.0986
319:
Read 318 items
> foto<-matrix(a,106,3,byrow=TRUE)
> foto
      [,1] [,2] [,3]
[1,] 5.9 3.8 0.1680
[2,] 5.2 3.7 0.1740
[3,] 6.0 3.7 0.1832
[4,] 4.1 2.7 0.0843
[5,] 4.1 2.3 0.1084
[6,] 3.9 2.6 0.0748
[7,] 4.8 5.6 0.2257
[8,] 4.2 2.6 0.0966
[9,] 4.0 2.5 0.0879
[10,] 5.0 4.3 0.1956
[11,] 5.1 4.8 0.2104
[12,] 3.6 2.4 0.0676
[13,] 3.2 2.1 0.0590
[14,] 4.7 4.5 0.2106
[15,] 4.0 3.5 0.1296
[16,] 5.2 4.4 0.1785
[17,] 4.7 3.2 0.1417
[18,] 5.7 6.2 0.2838
[19,] 2.9 2.1 0.0457
[20,] 3.2 2.4 0.0665
[21,] 3.0 2.1 0.0576
[22,] 2.4 1.9 0.0423
[23,] 2.4 1.7 0.0305
[24,] 2.0 1.6 0.0276
[25,] 4.7 5.3 0.2201
[26,] 5.0 3.3 0.1218
[27,] 5.4 3.7 0.1387
[28,] 4.8 3.4 0.1199
[29,] 7.1 6.4 0.3892
[30,] 5.2 3.4 0.1313
[31,] 4.5 3.2 0.1164
[32,] 5.3 3.3 0.1369
[33,] 4.7 3.3 0.1275
[34,] 4.6 3.4 0.1135
[35,] 4.9 3.4 0.1198
[36,] 3.8 3.1 0.0956
[37,] 5.2 3.7 0.1436
[38,] 4.5 3.3 0.1174

```

```

[39,] 5.0 3.4 0.1501
[40,] 5.4 5.2 0.2184
[41,] 4.9 3.3 0.0927
[42,] 4.3 3.4 0.0955
[43,] 3.8 2.9 0.0758
[44,] 5.6 3.9 0.1373
[45,] 5.2 3.5 0.1603
[46,] 5.9 4.0 0.2116
[47,] 6.9 5.5 0.2715
[48,] 6.1 4.5 0.2589
[49,] 4.1 2.8 0.0935
[50,] 5.6 3.7 0.2031
[51,] 5.5 3.6 0.1840
[52,] 6.9 5.2 0.3048
[53,] 4.9 3.8 0.1874
[54,] 4.4 3.5 0.1340
[55,] 4.7 3.4 0.1536
[56,] 4.2 3.1 0.1145
[57,] 6.1 6.4 0.3227
[58,] 4.9 3.3 0.1412
[59,] 5.4 4.5 0.2002
[60,] 5.2 4.4 0.2065
[61,] 4.4 3.1 0.1269
[62,] 4.3 3.2 0.0830
[63,] 4.4 3.8 0.1427
[64,] 5.2 4.4 0.2003
[65,] 4.8 3.5 0.1342
[66,] 4.1 2.8 0.0789
[67,] 3.4 3.4 0.1005
[68,] 5.5 4.2 0.2038
[69,] 6.4 6.7 0.3597
[70,] 4.5 3.4 0.1466
[71,] 4.4 3.3 0.1444
[72,] 5.0 3.7 0.1688
[73,] 4.8 3.5 0.1690
[74,] 2.9 2.0 0.0270
[75,] 3.9 2.8 0.0977
[76,] 5.8 3.8 0.1322
[77,] 3.7 2.6 0.0505
[78,] 4.7 3.4 0.1255
[79,] 5.0 3.3 0.1176
[80,] 4.2 3.9 0.1056
[81,] 4.4 4.0 0.1317
[82,] 5.2 3.3 0.1295
[83,] 4.6 3.6 0.1116
[84,] 4.8 5.1 0.2008
[85,] 5.0 3.3 0.1070
[86,] 3.7 2.6 0.0656
[87,] 4.2 3.3 0.0786
[88,] 5.8 4.2 0.1546
[89,] 6.3 5.7 0.3478
[90,] 7.0 4.4 0.1416
[91,] 5.1 3.4 0.1682
[92,] 5.8 4.1 0.2292
[93,] 4.5 3.0 0.1268
[94,] 4.3 3.6 0.1023
[95,] 3.0 2.2 0.0432
[96,] 6.6 4.6 0.2744
[97,] 2.3 1.8 0.0338
[98,] 6.0 4.0 0.1949
[99,] 5.3 3.3 0.0990
[100,] 5.6 3.8 0.1741
[101,] 6.9 4.5 0.2028
[102,] 4.4 3.5 0.1051
[103,] 3.7 3.3 0.0928
[104,] 4.5 2.8 0.0845
[105,] 4.3 2.7 0.0837
[106,] 4.7 3.0 0.0986

```

```

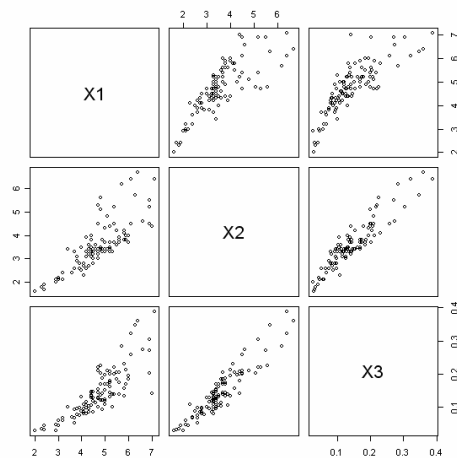
> foto<-data.frame(foto)
> plot(foto)

```

```

> cor(foto)
      X1      X2      X3
X1 1.0000000 0.7943653 0.8261697
X2 0.7943653 1.0000000 0.9287491
X3 0.8261697 0.9287491 1.0000000

```



```

> local({pkg <- select.list(sort(.packages(all.available = TRUE)))
+ if(nchar(pkg)) library(pkg, character.only=TRUE)})

> X<-matrix(,106,3)
> X[,1]<-1
> X[,2]<-foto[,1]
> X[,3]<-foto[,2]
> Y<-matrix(foto[,3],106,1)
> Xt<-t(X)
> b<-solve(Xt%*%X)%*(Xt%*%Y)
> b
      [,1]
[1,] -0.12459357
[2,]  0.01677038
[3,]  0.05267300
> summary(lm(formula = foto[, 3] ~ foto[, 1] + foto[, 2]))

Call:
lm(formula = foto[, 3] ~ foto[, 1] + foto[, 2])

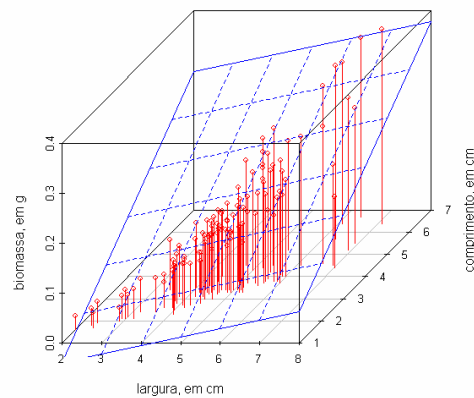
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.082960 -0.015383 -0.001646  0.016106  0.066504

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.124594   0.011436 -10.895 < 2e-16 ***
foto[, 1]    0.016770   0.003871   4.332 3.44e-05 ***
foto[, 2]    0.052673   0.003945  13.352 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.0249 on 103 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.8838,    Adjusted R-squared:  0.8815
F-statistic: 391.5 on 2 and 103 DF,  p-value: < 2.2e-16

> summary(aov(formula = foto[, 3] ~ foto[, 1] + foto[, 2]))
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
foto[, 1]     1  0.37511  0.37511   604.79 < 2.2e-16 ***
foto[, 2]     1  0.11057  0.11057   178.27 < 2.2e-16 ***
Residuals    103  0.06388  0.00062
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> foto3d<-scatterplot3d(foto,type="h",xlab="largura, em cm",ylab="comprimento, em
cm",zlab="biomassa, em g",color=2)
> foto.lm<-lm(foto[,3]~foto[,1]+foto[,2])
> foto3d$plane3d(foto.lm,lty.box= "solid",col=4,angle=50)
Warning messages:
1: "angle" não é um parâmetro gráfico in: segments(x0, y0, x1, y1, col = col, lty = lty, lwd =
lwd, ...)
2: "angle" não é um parâmetro gráfico in: segments(x0, y0, x1, y1, col = col, lty = lty, lwd =
lwd, ...)

```



## Pecíolo

```
> a<-scan()
1: 2.50 5.30 0.1711
4: 2.30 7.10 0.2294
7: 2.30 6.70 0.2031
10: 2.00 3.60 0.0971
13: 1.80 4.70 0.1334
16: 1.80 4.00 0.0826
19: 0.80 12.00 0.2604
22: 2.00 3.20 0.1157
25: 2.00 3.90 0.1287
28: 1.20 7.20 0.2376
31: 1.10 9.40 0.267
34: 2.00 3.60 0.1025
37: 1.30 3.00 0.0729
40: 1.20 6.70 0.2712
43: 1.40 5.80 0.1844
46: 1.80 10.20 0.2234
49: 2.00 9.00 0.2261
52: 0.70 12.80 0.2795
55: 1.70 3.30 0.0547
58: 1.40 3.00 0.0896
61: 1.30 3.10 0.0859
64: 1.30 3.70 0.0584
67: 1.50 3.80 0.0496
70: 1.40 3.20 0.0455
73: 0.80 9.20 0.2735
76: 2.60 5.40 0.175
79: 2.90 4.50 0.1507
82: 2.60 4.60 0.1473
85: 2.10 10.80 0.4094
88: 2.90 5.50 0.1765
91: 2.70 5.50 0.1696
94: 2.70 5.60 0.1596
97: 2.60 5.30 0.1862
100: 2.00 5.50 0.1587
103: 2.30 6.40 0.1616
106: 2.30 6.40 0.1562
109: 2.90 6.00 0.1886
112: 2.40 6.20 0.1688
115: 2.40 5.70 0.1786
118: 1.60 7.70 0.2312
121: 2.10 4.00 0.0724
124: 2.10 5.60 0.1178
127: 2.00 5.70 0.1033
130: 2.40 5.60 0.1298
133: 2.60 6.40 0.1848
136: 2.20 7.10 0.2063
139: 2.10 7.80 0.2586
142: 2.30 7.10 0.2711
145: 2.50 5.10 0.1362
148: 2.40 7.10 0.2479
151: 2.60 6.30 0.2158
154: 2.00 8.20 0.301
157: 2.40 7.10 0.3041
160: 2.30 8.00 0.2049
163: 2.60 6.60 0.2561
166: 2.50 5.10 0.181
169: 1.40 14.80 0.479
172: 2.30 6.20 0.1786
175: 1.80 8.90 0.2288
178: 2.2 7.1 0.3178
181: 2.2 4.6 0.1635
184: 2.2 4 0.0829
187: 1.9 6.3 0.1833
190: 1.9 8 0.2431
193: 2.6 6.5 0.2265
196: 2.2 5.6 0.1124
199: 1.2 7.7 0.1005
202: 2.4 7.9 0.2492
205: 1.3 12.8 0.443
208: 2.2 7.2 0.2469
211: 1.7 6.5 0.2141
214: 2.6 6.6 0.245
```

```

217: 2.1 5.5 0.2266
220: 1.3 2.1 0.02
223: 1.8 3.6 0.0934
226: 2.8 5.5 0.1482
229: 2.2 4 0.0582
232: 2.4 5.5 0.197
235: 1.6 3.2 0.0623
238: 2.1 7.7 0.1723
241: 1.8 7.1 0.1938
244: 2.6 4.7 0.1625
247: 2.3 5 0.1094
250: 1.4 9.6 0.227
253: 2.3 3.9 0.1046
256: 1.9 3.8 0.0811
259: 2.2 5.2 0.1122
262: 2.7 7.5 0.179
265: 2.3 10 0.4275
268: 1.3 3.7 0.0548
271: 2.6 7 0.2601
274: 2.6 7 0.3171
277: 2.3 4.7 0.166
280: 2 8.7 0.1764
283: 2.1 2.5 0.0491
286: 3.3 9 0.3495
289: 1.8 3.4 0.0569
292: 2.7 6.7 0.1725
295: 1.9 3.8 0.0599
298: 2.7 5.9 0.2138
301: 2.2 4.9 0.1094
304: 2.2 7.2 0.1769
307: 2.1 9.5 0.1838
310: 2.2 4.8 0.097
313: 2.1 3.9 0.0898
316: 2.1 3.5 0.0995
319:
Read 318 items
> foto<-matrix(a,106,3,byrow=TRUE)
> foto
      [,1] [,2] [,3]
[1,] 2.5 5.3 0.1711
[2,] 2.3 7.1 0.2294
[3,] 2.3 6.7 0.2031
[4,] 2.0 3.6 0.0971
[5,] 1.8 4.7 0.1334
[6,] 1.8 4.0 0.0826
[7,] 0.8 12.0 0.2604
[8,] 2.0 3.2 0.1157
[9,] 2.0 3.9 0.1287
[10,] 1.2 7.2 0.2376
[11,] 1.1 9.4 0.2670
[12,] 2.0 3.6 0.1025
[13,] 1.3 3.0 0.0729
[14,] 1.2 6.7 0.2712
[15,] 1.4 5.8 0.1844
[16,] 1.8 10.2 0.2234
[17,] 2.0 9.0 0.2261
[18,] 0.7 12.8 0.2795
[19,] 1.7 3.3 0.0547
[20,] 1.4 3.0 0.0896
[21,] 1.3 3.1 0.0859
[22,] 1.3 3.7 0.0584
[23,] 1.5 3.8 0.0496
[24,] 1.4 3.2 0.0455
[25,] 0.8 9.2 0.2735
[26,] 2.6 5.4 0.1750
[27,] 2.9 4.5 0.1507
[28,] 2.6 4.6 0.1473
[29,] 2.1 10.8 0.4094
[30,] 2.9 5.5 0.1765
[31,] 2.7 5.5 0.1696
[32,] 2.7 5.6 0.1596
[33,] 2.6 5.3 0.1862
[34,] 2.0 5.5 0.1587
[35,] 2.3 6.4 0.1616
[36,] 2.3 6.4 0.1562
[37,] 2.9 6.0 0.1886
[38,] 2.4 6.2 0.1688

```

```

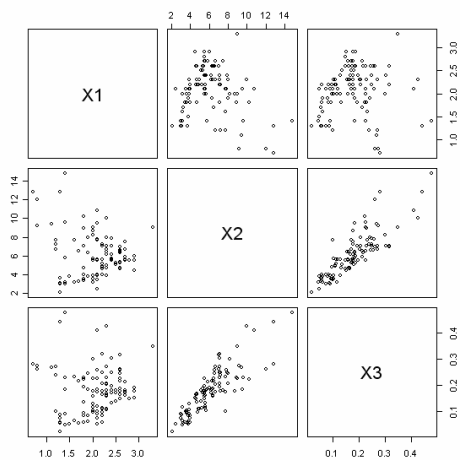
[39,] 2.4 5.7 0.1786
[40,] 1.6 7.7 0.2312
[41,] 2.1 4.0 0.0724
[42,] 2.1 5.6 0.1178
[43,] 2.0 5.7 0.1033
[44,] 2.4 5.6 0.1298
[45,] 2.6 6.4 0.1848
[46,] 2.2 7.1 0.2063
[47,] 2.1 7.8 0.2586
[48,] 2.3 7.1 0.2711
[49,] 2.5 5.1 0.1362
[50,] 2.4 7.1 0.2479
[51,] 2.6 6.3 0.2158
[52,] 2.0 8.2 0.3010
[53,] 2.4 7.1 0.3041
[54,] 2.3 8.0 0.2049
[55,] 2.6 6.6 0.2561
[56,] 2.5 5.1 0.1810
[57,] 1.4 14.8 0.4790
[58,] 2.3 6.2 0.1786
[59,] 1.8 8.9 0.2288
[60,] 2.2 7.1 0.3178
[61,] 2.2 4.6 0.1635
[62,] 2.2 4.0 0.0829
[63,] 1.9 6.3 0.1833
[64,] 1.9 8.0 0.2431
[65,] 2.6 6.5 0.2265
[66,] 2.2 5.6 0.1124
[67,] 1.2 7.7 0.1005
[68,] 2.4 7.9 0.2492
[69,] 1.3 12.8 0.4430
[70,] 2.2 7.2 0.2469
[71,] 1.7 6.5 0.2141
[72,] 2.6 6.6 0.2450
[73,] 2.1 5.5 0.2266
[74,] 1.3 2.1 0.0200
[75,] 1.8 3.6 0.0934
[76,] 2.8 5.5 0.1482
[77,] 2.2 4.0 0.0582
[78,] 2.4 5.5 0.1970
[79,] 1.6 3.2 0.0623
[80,] 2.1 7.7 0.1723
[81,] 1.8 7.1 0.1938
[82,] 2.6 4.7 0.1625
[83,] 2.3 5.0 0.1094
[84,] 1.4 9.6 0.2270
[85,] 2.3 3.9 0.1046
[86,] 1.9 3.8 0.0811
[87,] 2.2 5.2 0.1122
[88,] 2.7 7.5 0.1790
[89,] 2.3 10.0 0.4275
[90,] 1.3 3.7 0.0548
[91,] 2.6 7.0 0.2601
[92,] 2.6 7.0 0.3171
[93,] 2.3 4.7 0.1660
[94,] 2.0 8.7 0.1764
[95,] 2.1 2.5 0.0491
[96,] 3.3 9.0 0.3495
[97,] 1.8 3.4 0.0569
[98,] 2.7 6.7 0.1725
[99,] 1.9 3.8 0.0599
[100,] 2.7 5.9 0.2138
[101,] 2.2 4.9 0.1094
[102,] 2.2 7.2 0.1769
[103,] 2.1 9.5 0.1838
[104,] 2.2 4.8 0.0970
[105,] 2.1 3.9 0.0898
[106,] 2.1 3.5 0.0995

```

```

> foto<-data.frame(foto)
> plot(foto)

```



```

> cor(foto)
      X1      X2      X3
X1  1.0000000 -0.1552416  0.07534263
X2 -0.15524155  1.0000000  0.85226345
X3  0.07534263  0.8522634  1.00000000

```



```

> local({pkg <- select.list(sort(.packages(all.available = TRUE)))
+ if(nchar(pkg)) library(pkg, character.only=TRUE)})

> X<-matrix(,106,3)
> X[,1]<-1
> X[,2]<-foto[,1]
> X[,3]<-foto[,2]
> Y<-matrix(foto[,3],106,1)
> Xt<-t(X)
> b<-solve(Xt%*%X)%*(Xt%*%Y)
> b
      [,1]
[1,] -0.10675368
[2,]  0.03743317
[3,]  0.03367476
> summary(lm(formula = foto[, 3] ~ foto[, 1] + foto[, 2]))

Call:
lm(formula = foto[, 3] ~ foto[, 1] + foto[, 2])

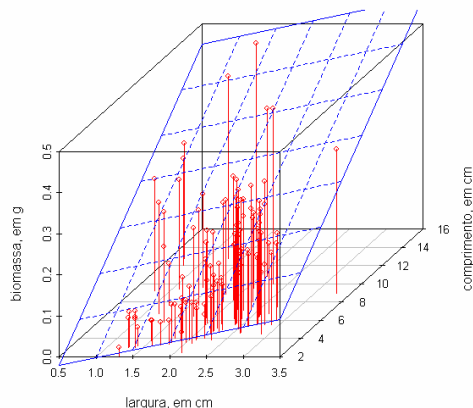
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.1079662 -0.0314500  0.0007424  0.0286237  0.1114098

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.106754   0.022516  -4.741 6.84e-06 ***
foto[, 1]    0.037433   0.008406   4.453 2.15e-05 ***
foto[, 2]    0.033675   0.001817  18.529 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.04323 on 103 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.7705,    Adjusted R-squared:  0.7661
F-statistic: 172.9 on 2 and 103 DF,  p-value: < 2.2e-16

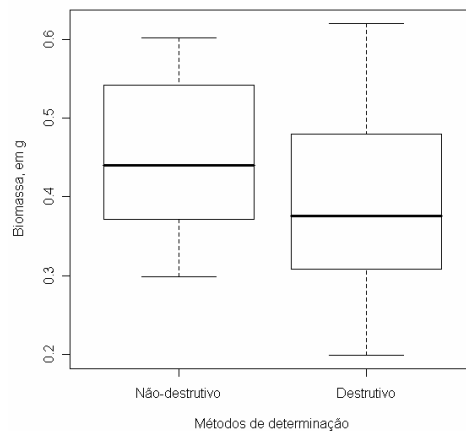
> summary(aov(formula = foto[, 3] ~ foto[, 1] + foto[, 2]))
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
foto[, 1]     1  0.00476  0.00476    2.548 0.1135
foto[, 2]     1  0.64167  0.64167  343.324 <2e-16 ***
Residuals    103  0.19251  0.00187
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> foto3d<-scatterplot3d(foto,type="h", em cm",zlab="biomassa, em g",color=2)
> foto.lm<-lm(foto[,3]~foto[,1]+foto[,2])
> foto3d$plane3d(foto.lm,lty.box= "solid",col=4,angle=50)
Warning messages:
1: "angle" não é um parâmetro gráfico in: segments(x0, y0, x1, y1, col = col, lty = lty, lwd =
lwd, ...)
2: "angle" não é um parâmetro gráfico in: segments(x0, y0, x1, y1, col = col, lty = lty, lwd =
lwd, ...)

```



# Método Destrutivo x Não-destrutivo

```
> a<-scan()  
1: 0.5382  
2: 0.4400  
3: 0.4829  
4: 0.4577  
5: 0.3699  
6: 0.5750  
7: 0.5584  
8: 0.3306  
9: 0.4221  
10: 0.5193  
11: 0.5466  
12: 0.4072  
13: 0.3724  
14: 0.3753  
15: 0.3537  
16: 0.2988  
17: 0.6024  
18: 0.3033  
19: 0.4399  
20: 0.5763  
21:  
Read 20 items  
> b<-scan()  
1: 0.6201  
2: 0.3037  
3: 0.4388  
4: 0.4321  
5: 0.3314  
6: 0.5175  
7: 0.4760  
8: 0.2590  
9: 0.4141  
10: 0.4140  
11: 0.4886  
12: 0.3262  
13: 0.3373  
14: 0.3120  
15: 0.2447  
16: 0.2195  
17: 0.5702  
18: 0.1991  
19: 0.3273  
20: 0.4841  
21:  
Read 20 items  
> boxplot(a,b, ylab="Biomassa, em g", xlab="Métodos de determinação", names=c("Não-  
destrutivo","Destrutivo"))
```



```
> var.test(a,b)
```

```
F test to compare two variances
```

```
data: a and b
F = 0.6751, num df = 19, denom df = 19, p-value = 0.3995
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.2671965 1.7055033
sample estimates:
ratio of variances
 0.675059
```

```
> t.test(a,b, var.equal=TRUE, alternative="two.sided")
```

```
Two Sample t-test
```

```
data: a and b
t = 1.838, df = 38, p-value = 0.0739
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.006361424 0.131791424
sample estimates:
mean of x mean of y
 0.448500 0.385785
```

```
> wilcox.test (a,b, conf.int=TRUE)
```

```
Wilcoxon rank sum test
```

```
data: a and b
W = 264, p-value = 0.08591
alternative hypothesis: true mu is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.0087 0.1325
sample estimates:
difference in location
 0.06745
```

