

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

LAILA TEIXEIRA DE SOUZA

**EFICIÊNCIA DA *Eleocharis mutata* (L.) Roem. & Schult NA
ABSORÇÃO DO CROMO (III).**

TRABALHO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2013

LAILA TEIXEIRA DE SOUZA

**EFICIÊNCIA DA *Eleocharis mutata* (L.) Roem. & Schult NA
ABSORÇÃO DO CROMO (III).**

Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – câmpus Campo Mourão, como requisito parcial para a obtenção do título de engenheiro ambiental.

Orientadora: Dra. Sonia Barbosa de Lima.
Coorientadora: Dra. Débora Cristina de Souza.

CAMPO MOURÃO
2013



TERMO DE APROVAÇÃO

EFICIÊNCIA DA *Eleocharis mutata* (L.) Roem. & Schult NA ABSORÇÃO DO CROMO (III).

por

LAILA TEIXEIRA DE SOUZA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 10 de setembro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

SONIA BARBOSA DE LIMA

DÉBORA CRISTINA DE SOUZA

ELIZABETE SATSUKI SEKINE

RAQUEL DE OLIVEIRA BUENO

"O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental"

RESUMO

Existem no meio ambiente poluentes tanto orgânicos quanto inorgânicos, o segundo, geralmente tóxico, não tem a capacidade de ser biodegradável necessitando de um tratamento. O fitotratamento é viável para o tratamento de cromo III por ser um tratamento de baixo custo e apresentar elevada eficiência. Neste trabalho foi verificado a eficiência de absorção de cromo III pela *Eleocharis mutata*, visando o fitotratamento de águas residuárias. Primeiramente foi montado um experimento cujo o objetivo era verificar a resistência da planta às concentrações diferentes de cromo III, 15 mg/L, 40 mg/L e 70 mg/L. A planta resistiu bem aos danos causados pelo cromo no período de detenção testado. Foi montado um segundo experimento cujo o objetivo era avaliar a capacidade de absorção de cromo III pela *Eleocharis mutata* e a eficiência no tratamento do efluente (solução de 70 mg/L de cromo III). Os resultados mostraram que a planta absorveu 1014,95 mg/Kg na sua massa seca, 0,1045% do seu peso, mostrando ser uma planta hiperacumuladora. A redução de cromo III no efluente foi de 37,05%, mostrando baixa eficiência no tratamento que pode ser explicado devido à alta concentração de cromo III a ser tratada e o curto tempo de detenção utilizado para o tratamento (7 dias), já que, um dos problemas das plantas hiperacumuladoras é a absorção lenta de metais. Com tudo conclui-se que a planta apresenta boa capacidade de absorção sendo viável seu uso para o fitotratamento, apesar da baixa eficiência na remoção do cromo III na solução, mostrando que em um maior tempo de tratamento essa eficiência seria elevada.

Palavras-chave: Cromo III, *Eleocharis mutata*, Absorção, Eficiência, Fitorremediação.

ABSTRACT

There are polluting the environment both organic and inorganic, second, usually toxic, does not have the capability of being biodegradable in need of such treatment. The fitotratamento is feasible for the treatment of chromium III being a low-cost treatment and exhibit high efficiency. This work verified the efficiency of absorption of chromium III by *Eleocharis mutata*, seeking fitotratamento wastewater. Was first mounted an experiment whose goal was to check the resistance of the plant to different concentrations of chromium III, 15 mg / L, 40 mg / L and 70 mg / L. The plant held up well to the damage caused by chromium in the holding period tested. It mounted a second experiment whose aim was to evaluate the absorption capacity of the chromium III *Eleocharis mutata* and efficiency in the wastewater treatment solution (70 mg / L of chromium III). The results showed that the plant has absorbed 1014.95 mg / kg on a dry weight, 0.1045% by weight, being a hyperaccumulator

plant. The reduction of chromium III effluent was 37.05%, showing the low efficiency in treatment that may be due to the high concentration of chromium III to be treated and the short detention time used for the treatment (7 days), since one of the problems of the hyperaccumulator plants is slow absorption of metals. With all conclude that the plant exhibits good absorption capacity is feasible to use fitotratamento, despite the lower efficiency in removing the chromium in the solution III, showing that in a larger treatment time this efficiency would be high.

Key-words: Chromium III, Eleocharis mutata, Absorption Efficiency, Phytoremediation.

SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 6 |
| 2 OBJETIVOS..... | 8 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 8 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 8 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 9 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 14 |
| 4.1 MATERIAL DE ESTUDO..... | 14 |
| 4.2 METODOLOGIA..... | 15 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 17 |
| 5.1 EXPERIMENTO 1..... | 17 |
| 5.2 EXPERIMENTO 2..... | 20 |
| 6 CONCLUSÃO | 25 |
| REFERÊNCIAS..... | 26 |

1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da civilização humana, o homem vem modificando o meio ambiente, e nas últimas três décadas isso vem ocorrendo de maneira mais acentuada. Uma das atividades antropogênicas com alto potencial de degradação ambiental é a industrial, que gera efluentes muitas vezes tóxicos e quase sempre com alta capacidade poluidora. O gerenciamento e lançamento inadequado desses efluentes causa a contaminação dos solos, águas e atmosfera (TAVARES, 2009).

A maioria dos efluentes gerados a partir das atividades antrópicas, tem como destinação final o corpo hídrico, que poderá ser utilizado, como reuso indireto, para fins potáveis e não potáveis. Esse lançamento de efluentes, quando o manancial não tem a capacidade de ciclar totalmente as substâncias recebidas, faz declinar a qualidade dessa água, causando mal cheiro, sabor desagradável na água, mortalidade dos peixes e outros (NASCIMENTO, 1996).

Tanto os poluentes orgânicos como os inorgânicos presentes nas águas residuárias afetam o corpo hídrico. Os metais são constituintes inorgânicos e têm uma alta capacidade poluidora, pois são na maioria das vezes, tóxicos (PEREIRA, 2004).

Segundo Hermes et al.(2009), uma atividade industrial que gera efluentes com poluentes inorgânicos é o Curtume, que utiliza cromo trivalente (Cr III) no processo de curtimento. De toda a carga poluidora gerada no processo do curtume 80% contém Cromo III. Esse tipo de indústria despeja seu efluente em corpo hídrico o que causa risco aos seres vivos presentes nele, pois ele tem a capacidade de bioacumulação e em grandes concentrações pode provocar intoxicação e uma série de doenças aos seres vivos, afetando o crescimento e desenvolvimento da flora e fauna.

Devido o excesso de Cromo III no corpo hídrico ser agravante para a vida do ecossistema e pela dificuldade de remoção do mesmo, propõe-se o fitotratamento que utiliza plantas para absorver os resíduos contaminantes dos efluentes. Essa técnica torna-se extremamente viável, pois é realizada *in-situ*, o que reduz o custo de instalação, operação e monitoramento. Além disso, é uma tecnologia emergente, com elevado potencial de limpeza e eficaz, tem baixo custo e uma larga escala de tratamento de poluentes orgânicos e inorgânicos (LAMEGO e VIDAL, 2007).

Além da fitorremediação apresentar vantagem econômica e ambiental, o Brasil oferece condições climáticas e ambientais francamente favoráveis para a utilização desta técnica em grande parte do território nacional (BARKO, 1991).

Esteves (1988) diz que uma das plantas com potencial para fitorremediação é a macrófita emergente *Eleocharis mutata*, da família Cyperaceae, essa espécie está muito bem representada em todo território nacional ocorrendo em brejos, cachoeiras, lagoas, lagos, margens de rios, pântanos, restingas e solos úmidos de locais abertos (FARIA, 1998).

Neste trabalho foi verificada a capacidade de remoção do Cromo III pela planta *Eleocharis mutata* a fim de averiguar sua eficiência para o fitotratamento de cromo trivalente presente em águas residuárias.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a eficiência da *Eleocharis mutata*, na remoção de Cromo III através de experimento de bancada.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a concentração ideal de Cromo III a ser utilizada;
- Descobrir o tempo de detenção usual para o experimento de eficiência na remoção de cromo III;
- Descobrir a capacidade de absorção de cromo III pela *Eleocharis mutata*;
- Verificar a eficiência da *Eleocharis mutata* na remoção de Cromo III da solução, através de análises físico-químicas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As atividades antrópicas vêm gerando lançamento de resíduos na atmosfera, na água e no solo, o que se caracteriza poluição ambiental. (NASCIMENTO, 1996). Devido a isso a qualidade das águas de reservatórios públicos, onde se visa a captação, vem sendo afetada a montante, onde há lançamento de efluentes de origem industrial ou doméstica sem um tratamento e monitoramento adequado. Esta atividade pode inviabilizar a atividade humana no manancial. (LIMA et al.,2003).

Além disso, Romitelli (1983) afirma que o lançamento desses efluentes contaminados com resíduos, poluentes e nutrientes gera vários agravantes para o manancial como a eutrofização, o aumento da carga sedimentada, bem como a concentração de metais pesados e outros agentes tóxicos.

Os poluentes que contaminam o ambiente podem ser orgânicos e inorgânicos, sendo que os orgânicos podem ser degradados no ambiente. Já os inorgânicos, provenientes das atividades como mineralização, industrialização e agricultura, não podem ser degradados, exigindo um tipo de tratamento (SMITS, 2005).

Segundo Cicb (2013), as indústrias de curtume geram efluente com elevada carga inorgânica, essas indústrias são as principais responsáveis pela geração de águas residuárias contendo cromo, já que a etapa principal de produção é o curtimento, o qual é realizado em ambiente aquoso, em fulões, um equipamento parecido com a caldeira (FREITAS, 2006). Durante a operação, o colágeno, principal proteína da pele, é fixado com um agente curtidor, o que torna as peles tenazes e resistentes à putrefação. Os produtos mais utilizados para este fim são os sais de cromo III, tais como o sulfato de cromo III. Para se obter couro de boa qualidade é necessária uma quantidade de cromo correspondente a 2% a 2,5%(calculado para Cr_2O_3) da massa de pele que será curtida. Isto envolve o uso de 8% a 10% do produto comercial contendo aproximadamente 25% de Cr_2O_3 (BOSSCHE et al., 1997). Cerca de 80% a 95% dos curtumes do mundo utilizam o cromo nesta etapa (HERMES et al.,2009).

Após o processo de curtimento, é realizado o processo de escorrimento, ou desagua, que visa retirar o excesso de umidade, usando tambores especiais de secagem. O efluente líquido proveniente do curtimento contém compostos de cromo

III. Caso esses líquidos não sejam convenientemente tratados, o cromo em sua forma solúvel, poderá alcançar o meio ambiente (FREITAS, 2006).

A destinação final dos efluentes gerados, na grande maioria é o corpo hídrico. Sendo assim este efluente poderá ser utilizado como reuso indireto futuramente para fins potáveis e não potáveis, através da captação da água do rio contaminado. Contudo isso torna-se um grave problema aos seres vivos pois doses acima das toleradas de Cromo III podem provocar intoxicação e uma série de doenças (ODUM e BARRETT, 2007).

Dubey et al. (2001) dizem que a toxicidade do cromo depende de sua espécie química. A forma hexavalente de cromo é mais tóxica do que a trivalente mas sabe-se que todas as formas de cromo podem ser tóxicas em altos níveis de concentração. O quadro 1 traz de forma resumida os dados referente a toxicidade do cromo para organismos vivos.

| C o n c e n t r a ç ã o | Toxicidade indireta | | | | Toxicidade direta (escala de Sax) |
|--|-----------------------|--|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | Homem | Animais | Vegetais | Flora do lodo | |
| | Cr III < 0,005 mg/L | < 1 mg/L de Cr ₂ O ₃ para peixes | Cr III < 0,05 mg/L | Cr (III) < 40 mg/L (lodo ativado) | Cr (III): 3 |
| | Cr (VI) é cancerígeno | LD ₅₀ Cr (VI) = 550 mg/kg para mamíferos | Cr (VI) é o mais tóxico | Cr (VI) < 1 mg/L (lodo ativado) | Cr (VI): 3 |

Quadro 1: Toxicidade do cromo a organismos vivos.

Fonte: Routh (1998).

Odum e Barrett (2007) afirmam que outro grande problema gerado pela contaminação do ambiente com cromo III é por esse metal ser denominado como recalcitrante, ou seja, não é biodegradável pelos organismos presentes em sistemas biológicos. Esta bioacumulação causa irreparáveis danos à flora e fauna, pois o excesso deste metal nas plantas diminui seu crescimento, atrofia seu desenvolvimento radicular e descoloração das folhas e é tóxico aos animais (BARROS e AGUIAR, 2001).

Os estudos provam claramente que o cromo na forma III e IV pode se acumular nas formas microbianas (ATTILIO e MELODIA, 2004). Em sistemas naturais o cromo pode se acumular em populações microbianas como, por exemplo, em bactérias associadas aos caranguejos, que permitem demonstrar não só a bioacumulação de cromo, mas também explicar sua passagem pela cadeia alimentar já que em seguida o caranguejo se associa ao peixe (NRIAGU e NIEBOER, 1988). Durante a maré baixa esses caranguejos fazem buracos na areia ou no sedimento onde se presume que fiquem expostos ao cromo. No meio aquático há acúmulo de cromo em todos os níveis tróficos. *Saccharomyces carlsbergensis* é provavelmente o melhor exemplo de formação de complexos orgânicos com cromo III. Nesse sistema celular o cromo III é passivamente difundido dentro da célula (FREITAS, 2006).

Um dos aspectos mais graves da contaminação com cromo nas águas é a sua biomagnificação nas cadeias tróficas, processo que leva a altos níveis de cromo nas espécies superiores da cadeia alimentar, muito acima dos níveis de cromo encontrados na água. (LEITE, 2002).

Nos últimos anos passou-se a dar mais importância ao meio ambiente e com isso a utilização de medidas para reduzir os impactos negativos resultantes das atividades humanas, aprimorando assim as formas de tratamento de resíduos (DINARD et al., 2003).

Os tratamentos de resíduos que visam a remoção completa do cromo III ou sua retirada até que atinjam os níveis permitidos pela legislação ambiental exigem investimentos em equipamentos e controle operacional e de manutenção, tornando dispendioso o tratamento desses resíduos e elevando o custo da produção. Devido às normas reguladoras ambientais nacionais, o tratamento dos efluentes vem sendo melhorado, buscando-se métodos mais eficazes de remoção de seus constituintes (FREITAS, 2006).

Com isto Dinard et al. (2003) afirmam que hoje em dia se dá mais importância aos métodos de tratamento *in situ*, com menor impacto ambiental e com menor custo. Sendo assim a biotecnologia trouxe a fitorremediação:

“Um método que pode ser eficiente e tem baixo custo de implantação, é a utilização de plantas aquáticas e sua microbiota com o fim de remover, degradar ou isolar substâncias tóxicas do ambiente. A utilização de plantas aquáticas como “agente purificador”, justifica-se pela sua intensa absorção de nutrientes e pelo seu rápido crescimento, como também por oferecer facilidades de sua retirada das lagoas e ainda pelas amplas possibilidades de aproveitamento da biomassa colhida.” (GRANATO, 1995).

Podemos destacar como vantagem desta tecnologia verde a capacidade de tratar múltiplos poluentes no mesmo local (LAMEGO e VIDAL, 2007). Esse tratamento visa a remoção de fósforo, nitrogênio, diminuindo a carga orgânica, e também a redução de alguns elementos tóxicos como metais.

Também é importante salientar que a planta usada na fitorremediação, tem um potencial econômico, já que oferece vários materiais que podem ser utilizados como fertilizante, como matéria prima para a fabricação de remédios, utensílios domésticos, artesanatos e tijolos para construção de casas, produção de energia (biogás) entre outros (BARKO, 1991).

No entanto, para que não haja comprometimento do fitotratamento é necessário ter o conhecimento do potencial desta planta, exigindo uma integração interdisciplinar para o aproveitamento real dessa tecnologia, identificando a concentração de poluentes e toxinas que devem estar dentro dos limites de tolerância da planta usada. Também se deve eliminar a possibilidade deste vegetal entrar na cadeia alimentar gerando inconvenientes para a fauna (LAMEGO e VIDAL, 2007).

A fitorremediação é classificada dependendo da natureza química ou da propriedade dos poluentes e/ou das técnicas de tratamento. Assim para a remoção de metais em meio aquoso é sugerida a utilização da fitoextração no qual a planta absorve, pelas raízes, os contaminantes onde são acumulados, ou transportados para as partes aéreas para também serem retidos. Essas plantas são chamadas hiperacumuladoras, elas tem a capacidade de armazenar grandes quantidades de metais (0,1% a 1% do peso seco, dependendo do metal). São exemplos *Brassica juncea*, *Aeolanthus biformifolius*, *Alyssum bertolonii* e *Thlaspicarulescens* (DINARD et al., 2003).

Pesquisas científicas vêm apontando diversas espécies de plantas com um potencial para a limpeza de meios contaminados e com o auxílio da biotecnologia vêm sendo desenvolvidas adequações para a utilização de novas plantas para a limpeza das áreas poluídas (LAMEGO e VIDAL, 2007).

Uma das plantas que apresenta esse potencial de limpeza são as macrófitas. Esteves (1988), diz que a classificação das macrófitas é feita segundo seu biótipo, genericamente chamado de grupo ecológico, tem-se então as Macrófitas aquáticas emersas, Macrófitas aquáticas com folhas flutuantes, Macrófitas aquáticas submersas enraizadas, Macrófitas aquáticas submersas livres e as Macrófitas aquáticas flutuantes. Devido à rápida junção dos metais na matéria orgânica que sofrerá precipitação em forma particulada, verifica a melhor eficiência de macrófitas enraizadas do que das flutuantes na remoção de metais (ESTEVES,1988).

Também são observados outros mecanismos de adaptação nas macrófitas, como nas angiospermas submersas e macroalgas, elas podem ativar o transporte de sódio, potássio e íons clorídricos para dentro de canais associados com plasmalemas invaginados contendo várias mitocôndrias. Eles também podem ativar a exclusão de sais com mecanismos de transporte de íons que requerem ATP (molécula de trifosfato de adenosina). Essa troca de íons permite manter estáveis os potenciais de membrana. Tudo isso facilita a captura de metais pesados o que as torna excelentes para o processo de fitorremediação (MURPHY et al., 2003).

Dinard et al. (2003) afirmam que a recuperação de corpos hídricos contaminados com metais pesados pelo lançamento de efluentes, pode ser feita de várias formas como, extração por solvente, flotação iônica, a adsorção, osmose reversa entre outros. Estes tratamentos são bastante dispendiosos, além de algumas vezes ser necessário o deslocamento do efluente a ser tratado, provocando risco de contaminação secundária e aumentando ainda mais o custo. Por isso a fitorremediação é o método mais viável a ser utilizado.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL DE ESTUDO

A planta estudada neste trabalho é uma angiosperma do gênero *Eleocharis* e da família Cyperaceae. O sistema APG III (2009) traz a mais atual classificação e fisiologia das angiospermas onde classifica 45 ordens e 475 dessa classe.

Para Trevisan (2009), poucos taxonomistas no Brasil tem se dedicado ao levantamento da família Cyperaceae, portanto essa família é pouco conhecida. De acordo com as estimativas de Luceño e Mendes (1997), a família Cyperaceae está muito bem representada no território nacional ocorrendo entre 600 a 700 espécies distribuídas por cerca de 44 gêneros.

Devido ao grande número de espécies e a presença intensiva em inúmeras regiões a família Cyperaceae tem grande destaque, inclusive caracterizando os ecossistemas aquáticos (GIL e BOVE, 2004).

Segundo Trevisan (2009) o gênero *Eleocharis* é intensamente concentrado nas regiões tropicais e subtropicais da América. As espécies de *Eleocharis* são emergentes e vivem em solos que ficam parcialmente úmidos ou inundados e raramente ficam submersas, ocorrendo em brejos, cachoeiras, lagoas, lagos, margens de rios, pântanos, restingas e solos úmidos de locais abertos (FARIA, 1998). Condições ótimas de luminosidade e de recursos hídricos são fundamentais para a existência e bom desenvolvimento das espécies de *Eleocharis* (GIL e BOVE, 2004).

Eleocharis é um gênero caracteristicamente sem lâminas foliares, com as atividades fotossintéticas transferidas para o colmo (caule) (SVENSON, 1929). A identificação das espécies é muitas vezes difícil, pois sua distinção está geralmente em pequenas estruturas, como: ápice da bainha, glumas inferiores, e principalmente tem detalhes da morfologia dos aquênios e de suas estruturas assessórias.

Criado por Robert Brown em 1810, o nome *Eleocharis* é derivado de duas palavras gregas "ἔλος" e "χάρις", que significam, respectivamente, brejo e graça referindo-se a beleza que estas espécies conferem aos ambientes aquáticos (SVENSON, 1929).

A espécie utilizada como material de estudo é a *Eleocharis mutata*. Essa espécie se caracteriza, principalmente, por apresentar colmos triangulares de faces côncavas, gluma inferior estéril e aquênio (fruto) com espessamento no ápice. Sua floração e frutificação acontecem durante o ano inteiro e os nomes vulgares atribuídos a ela são: junco, junco-três-quinas, taboinha e cebolinha (GIL e BOVE, 2007).

Essa espécie tem como habitat os alagados, alagados adjacentes a rios, brejos próximos a lagoas, canais que ligam lagoas e lagoas. É muito comum em locais com grande salinidade. Gil e Bove (2007) dizem que *Eleocharis mutata* apresentam sinais de herbivoria e preferência a solos humoso-arenosos.

4.2 METODOLOGIA

EXPERIMENTO 1 - Sobrevivência de espécie *Eleocharis mutata* em solução de Cromo III em diferentes concentrações em um período teste de 7 dias.

Foram coletadas as macrófitas aquáticas emergentes, da espécie *Eleocharis mutata* da família Cyperaceae. Após a coleta foi montado um experimento de bancada utilizando três amostras (A, B e C) e uma quarta sendo o branco. Foi utilizado quatro recipientes, sendo três com soluções de cromo III nas concentrações de 15, 40 e 70 mg/L. O quarto recipiente foi branco, apenas para controle, ou seja, não possuiu solução de Cromo III.

Para a montagem dos experimentos foram utilizados galões de cinco litros como suporte, contendo como substrato a areia. Tanto os galões como a areia foram lavados com uma solução de ácido clorídrico a 10% para que não houvesse contaminação das amostras e após a lavagem o pH foi corrigido com hidróxido de sódio até a neutralização.

Foram preparadas as soluções de cromo III com as concentrações de 15 mg/L, 40 mg/L e 70 mg/L, todas diluídas em água destilada.

Foram separados aproximadamente 15 indivíduos de *Eleocharis mutata* e fixados no substrato. Após foi inserido as soluções de cromo III nas amostras A, B e C com as respectivas concentrações de 15 mg/L, 40 mg/L e 70 mg/L. No quarto recipiente (o branco) foi adicionado apenas água.

Este primeiro experimento teve o tempo de detenção testado de sete dias e durante este tempo foi observado nas amostras o número de brotos, se houve inflorescência, a mudança na coloração das folhas, necrose e se houve morte das plantas.

EXPERIMENTO 2 - Eficiência da *Eleocharis mutata* na absorção de Cromo III.

Após a verificação da concentração de cromo III e tempo de detenção suportados pela planta, foi montado um novo experimento, agora em triplicata, utilizando três recipientes todas com a mesma concentração de 70 mg/L de cromo III diluídos em água destilada. O branco foi mantido e as amostras foram monitoradas durante todo o tempo de detenção (7 dias) observando, como no experimento anterior, o brotamento, inflorescência, necrose e mudança na coloração das folhas.

Para a montagem deste segundo experimento (experimento 2) o procedimento realizado foi o mesmo do anterior, diferenciando apenas a concentração das soluções de cromo III utilizadas.

Para verificar a eficiência da planta na remoção do cromo III, foram feitas análises químicas de metal (Cromo III) pelo método de espectrofotometria de absorção atômica, realizadas no laboratório Santa Rita, localizado no município de Mamborê, PR. As análises foram realizadas antes e após o tempo de detenção, sendo analisados o substrato (areia), a solução de cromo III e a planta. Também foram realizadas análises de pH e temperatura.

Com os resultados da análise de cromo III presentes na solução e na planta inicial (antes do tempo de detenção) bem como na solução e na planta final (depois do tempo de detenção) foi calculada a taxa de reação utilizada para a determinação da capacidade diária de absorção de cromo III pela planta e a redução diária da concentração de cromo III nas soluções através da Equação 1 (SPERLING, 2006):

$$R = K \cdot C^n \quad \text{Equação (1)}$$

K = constante da reação (dia⁻¹).

C = concentração de cromo III (mg/kg ou mg/L).

n = ordem da equação.

R = capacidade de absorção da planta por dia ou remoção diária de cromo III da solução (mg/kg/dia).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EXPERIMENTO 1 - Sobrevivência de espécie *Eleocharis mutata* em solução de Cromo III em diferentes concentrações em um período teste de 7 dias.

Neste experimento o objetivo era avaliar a concentração de cromo III suportada pela *Eleocharis mutata*. Teve um tempo de observação de 7 dias, este período foi utilizado como teste para verificar se as plantas das amostras A, B e C suportariam os danos causados pelo cromo III, nesse tempo em que estariam inseridas nas soluções contendo cromo III (15 mg/L, 40 mg/L e 70 mg/L). Esse primeiro experimento foi um teste para descobrir a quantidade de cromo III que poderia ser utilizado no experimento 2, de eficiência, bem como verificar se a planta sobreviveria aos 7 dias de tratamento absorvendo o metal.

Com o monitoramento diário, durante o tempo de detenção, observou-se as modificações ocorridas na planta, como mudança de cor nas folhas, brotamento, inflorescência, necrose e, se houvesse, morte da planta. Essas modificações foram observadas para verificar se ela estava sofrendo por danos causados pela intoxicação por cromo III. André et al. (2004) afirmam que os danos causados na planta intoxicadas por doses de cromo III acima das suportadas, provocam diminuição de crescimento, atrofia no desenvolvimento radicular, enrolamento e descoloração das folhas e em algumas culturas, folhas com manchas vermelho-amarronzadas contendo áreas de necrose.

A Tabela 1 mostra o desenvolvimento da *Eleocharis mutata* nos 7 dias de observação do experimento 1. Observações como folhas amarelas foram pouco detectadas, já o brotamento e inflorescência apareceram nas 3 amostras expressivamente e não houve, em nenhuma das amostras, necrose e/ou morte da planta. O florescimento e brotamento ocorreram nos últimos dias do período de detenção, brotamento no 5º e 7º dia e inflorescência no 4º e 6º dia, mostrando que aparentemente o crescimento da planta não estava prejudicado.

Tabela 1: Desenvolvimento da *Eleocharis mutata* no experimento 1 no período de 7 dias.

| AMOSTRA | Nº DE FLORES NOVAS | Nº DE BROTOS NOVOS | FOLHAS AMARELAS | NECROSE E/OU MORTE DA PLANTA |
|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------------|
| A (15mg/kg) | 2 | 0 | 0 | 0 |
| B (40mg/kg) | 1 | 1 | 1 | 0 |
| C (70 mg/kg) | 1 | 1 | 0 | 0 |

A *Eleocharis mutata* suportou as concentrações de cromo III utilizadas no período testado, não demonstrando modificações visíveis aos danos causados pela toxicidade de cromo III. Anomalias como a diminuição de crescimento e atrofia no desenvolvimento radicular não puderam ser identificadas devido ao período de detenção não ser longo o bastante para estas manifestações.

A resistência da planta ao metal no período de teste pode ser devido ao cromo III absorvido pelas plantas ser acumulado nas raízes, formando barreiras que diminuem a sua translocação para a parte aérea das plantas (LOSI et al., 1994). Portanto a ocorrência de toxicidade por cromo III nas plantas em geral é rara, devido ao cromo trivalente (Cr III) apresentar baixa mobilidade e restrito movimento através da membrana celular (GAUGLHOFER, 1985).

Também, essa resistência apresentada pela planta se deve por ela estar na classe das plantas hiperacumuladoras, essas são capazes de se desenvolver em ambientes contaminados, acumulando altas concentrações de metais sem mostrar redução significativa no crescimento e desenvolvimento. A tolerância ocorre pela presença de mecanismos bioquímicos e fisiológicos de adaptação (BAKER, 1981).

A Figura 1 e Figura 2 mostram o ótimo estado da *Eleocharis mutata* no primeiro e último dia do experimento de sobrevivência, não apresentando nenhuma anomalia visível causada por intoxicação de cromo III.



Figura 1: Foto do Primeiro Dia do Experimento 1.



Figura 2: Foto do Sétimo Dia do Experimento 1.

Como a planta suportou todo o período testado no experimento 1, sem apresentar as anomalias causadas pela intoxicação do cromo, o tempo de detenção adotado para o experimento 2 foi de 7 dias, o mais longo período de teste.

A concentração de cromo III adotada para o experimento 2 foi de 70 mg/L, também a maior testada no experimento 1, já que a planta não apresentou danos visíveis pela intoxicação de cromo III nas concentrações testadas (15 mg/L, 40 mg/L e 70 mg/L), no experimento 1.

Também, a literatura mostra como sendo o maior responsável pela geração de águas residuárias contendo cromo III as indústrias de curtume que apresentam concentrações de 94 mg/L de cromo III nas águas brutas (sem tratamento primário) (FREITAS, 2006). Portanto faz-se necessário tratar concentrações próximas com a realidade das águas residuárias que contém cromo trivalente (Cr III).

5.2 EXPERIMENTO 2 - Eficiência da *Eleocharis mutata* na absorção de Cromo III.

Para um bom entendimento e manipulação dos resultados foram analisadas as perturbação do ambiente (conjunto de situações que estejam prejudicando o meio no qual a planta está inserida) como condições de pH e temperatura, apresentadas durante o experimento, já que dentre os fatores físico-químicos que podem afetar a sobrevivência das macrófitas aquáticas está o pH e a temperatura (HENRY-SILVA, 2005).

Neste contexto a temperatura é um fator limitante para o desenvolvimento das macrófitas aquáticas sendo que a estação de crescimento ocorre no verão, embora, outros fatores ambientais também exerçam influência direta no crescimento das mesmas. A temperatura que oferece a melhor condição para a sobrevivência e desenvolvimento da *Eleocharis mutata* varia entre 18 °C a 28 °C (ZEMLIN et al., 2000).

A temperatura das soluções durante o tempo de detenção variaram entre 18 °C a 23 °C estando dentro dos limites tolerados pela planta, oferecendo boa condição ao metabolismo da *Eleocharis mutata* para uma boa absorção do cromo III, visto que a temperatura influencia o metabolismo das plantas alterando a velocidade das reações químicas e a atividade das enzimas que participam do processo de absorção, não podendo ser muito elevadas nem muito baixas (ESCHEMBACK et al., 2010).

Também entre os fatores físico-químicos que podem afetar a sobrevivência e absorção de cromo III das macrófitas aquáticas está o pH, sendo ele um importante influenciador no desenvolvimento das plantas aquáticas, pois este pode determinar o grau de viabilidade de algum nutriente necessário às plantas.

HENRY-SILVA (2005) afirma que os pH 7 e 6,5 são considerados como os mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas. Para a *Eleocharis mutata* o pH que favorece seu desenvolvimento é de 5,5 a 8 (HENRY-SILVA, 2005).

A tabela 2 apresenta os valores de pH das soluções do experimento 2, de eficiência na remoção do cromo III.

Tabela 2: pH das soluções de cromo III inicial e final.

| SOLUÇÃO | pH |
|---------|-------------|
| INICIAL | 5,70 |
| FINAL | 3,61 ± 0,03 |

O pH das soluções inicial e final estava ácido, a tabela mostra que houve uma redução em relação ao pH inicial. Essa redução de pH no fim do período do experimento 2 pode ser explicado pelo incremento da matéria orgânica na forma de raízes e folhas de plantas mortas, aumentando a atividade microbiana que na degradação da matéria orgânica formam diferentes tipos de ácidos orgânicos de pequena massa molecular (BRITO, 1994), que acidificam o meio.

Embora as plantas do experimento 2 não tenham apresentado morte e portanto não fizeram parte dessa matéria orgânica em decomposição, na montagem do experimento 2 estavam acoplados a raiz das plantas restos de planta e raízes mortas de outros indivíduos (plantas) que foram mantidos no experimento, assim como parte do substrato do local de coleta da *Eleocharis mutata*, que serviu como meio nutriente para a mesma.

O Cromo III somente se apresenta na forma solúvel a valores de pH menores do que aqueles normalmente encontrados em sistemas biológicos, menor que 4. O ânion solúvel do cromo penetra facilmente através da membrana celular da planta (ANDRÉ, 2004). Como o pH das soluções estava baixo favoreceu a absorção de cromo III pela planta.

A *Eleocharis mutata* apresentou aparente resistência aos danos causados por intoxicação de cromo III no experimento 1 e experimento 2, mesmo estando condicionada à uma situação de *stress* biológico devido ao pH extremamente baixo,

que transforma o cromo III num poderoso agente oxidante podendo causar uma forte ação tóxica, causando intoxicação imediata (ANDRÉ, 2004).

A Tabela 3 apresenta as concentrações de cromo III encontradas na planta, solução e areia do experimento 2. Também apresenta a redução de cromo III da solução em porcentagem, mostrando a eficiência do fitotratamento.

Tabela 3: Concentrações iniciais e finais de cromo III apresentadas na planta, solução e areia do experimento 2 e eficiência do fitotratamento

| | PLANTA | SOLUÇÃO | AREIA |
|--|-----------------|--------------|--------------|
| CONCENTRAÇÃO INICIAL DE CROMO III (mg/kg) | 33,40 | 63,99 | 9,00 |
| CONCENTRAÇÃO FINAL DE CROMO III (mg/kg) | 1014,95 ± 14,78 | 40,30 ± 6,11 | 37,55 ± 2,05 |
| EFICIÊNCIA NO FITOTRATAMENTO (%) | ---- | 37,02 ± 9,55 | ---- |

(Resultados expressos como média ± desvio padrão, onde o desvio está relacionado com os tratamentos).

Pode-se observar uma absorção elevada do metal pela planta, pois é evidente o aumento na concentração de cromo III da *Eleocharis mutata* depois do período de detenção (no 7º dia).

Plantas com capacidade de acumular e suportar grandes concentrações de metais em suas raízes são chamadas de hiperacumuladores. Estas podem acumular metais em níveis até cem vezes superiores a uma planta comum, sendo capazes de acumular nos tecidos concentrações de cromo (Cr), como outros, cobalto (Co), cobre (Cu), chumbo (Pb) ou níquel (Ni) por até 0,1% de massa seca, (BAKER e BROOKS, 1989).

A *Eleocharis mutata* acumulou 0,1015% de cromo III do seu peso de massa seca, mostrando que possui uma ótima capacidade de acumular e suportar elevada concentração de cromo III, podendo ser considerada uma planta hiperacumuladora. E apresentou melhor resultado de absorção de cromo III que a espécie *Poaceae* que acumulou 147,1 mg/kg de cromo III presente em um córrego contaminado (BARRETO, 2011).

A eficiência no tratamento (redução de cromo III) da solução que a *Eleocharis mutata* estava inserida foi de 37,05%. Eficiência menor que a obtida por Lima (2008), que testou a absorção de cromo III pela *Eleocharis mutata* e a eficiência no tratamento foi de 85,61% utilizando uma concentração de 0,1 mg/L na solução e um tempo de detenção de 21 dias. A menor eficiência no tratamento pode ser explicada pela alta concentração de cromo III (63,99 mg/L) e o tempo menor de detenção utilizado (LIMA, 2008).

O tempo de tratamento (7 dias) não possibilitou que a *Eleocharis mutata* absorvesse maior quantidade de metal. Baird (2002) afirma que o problema das plantas hiperacumuladoras de metais pesados é o seu crescimento vagaroso, o que indica um acúmulo lento de metais em sua fitomassa. Portanto pode-se supor que em maior tempo de tratamento a planta absorveria mais cromo III, tornando o tratamento mais eficiente.

Houve aumento de concentração do cromo III da areia, porém menor que a concentração da solução, como observado em outro trabalho (LIMA,2008).

A determinação da capacidade diária de absorção de cromo III pela *Eleocharis mutata* calculada pela Equação 1 que identifica a taxa de reação, está representada na Tabela 4.

Tabela 4: Taxa de absorção de cromo III pelas plantas, sendo K a constante de reação e R a taxa de absorção de cromo.

| PLANTA | K | R (mg/kg/dia) |
|-----------|--------|---------------|
| AMOSTRA 1 | 0,5207 | 17,3914 |
| AMOSTRA 2 | 0,4403 | 14,7060 |
| AMOSTRA 3 | 0,5355 | 10,2540 |

A redução diária da concentração de cromo III na solução está representada na tabela 5.

Tabela 5: Taxa de redução de cromo III nas soluções, sendo K a constante da reação e R a taxa de redução de cromo III.

| SOLUÇÃO | K | R (mg/kg/dia) |
|------------------|----------|----------------------|
| AMOSTRA 1 | 0,4234 | 27,0927 |
| AMOSTRA 2 | 0,3814 | 24,4076 |
| AMOSTRA 3 | 0,4861 | 30,4644 |

Esses resultados apresentam o valor aproximado da absorção diária de cromo III pela planta e de redução de cromo III da solução, desconsiderando os períodos intermediários

Os resultados mostraram uma taxa de absorção de cromo III pela planta muito elevada $14,1171 \pm 3,6049$ mg/kg/dia, comparado com outro estudo de absorção de cobre pela *Pontederia parviflora* (Souza et al., 2009). E para a redução diária de cromo III da solução a taxa de redução chegou a $27,3216 \pm 3,0349$. Apesar da taxa de redução ser expressiva o tempo curto de tratamento não possibilitou uma boa eficiência no tratamento.

6 CONCLUSÃO

A *Eleocharis mutata* apresentou boa resistência e boa absorção do cromo III, acumulando 0,1% do metal no seu peso mostrando ser uma planta hiperacumuladora.

A eficiência no tratamento de remoção do cromo III da solução foi baixa, mostrando que necessitaria um maior tempo de tratamento para que a planta pudesse absorver mais cromo III melhorando a eficiência do mesmo, já que, o problema das plantas hiperacumuladoras de metais pesados é o seu crescimento vagaroso, o que indica um acúmulo lento de metais em sua fitomassa.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, Ivo; COSTA, Cristina Alfama; KALLFEZ, Carlos Alberto; RIBEIRO, Tânia; RUBIO, Jorge. Plantas Aquáticas: Solventes naturais. **Ciência Hoje**, vol. 35, nº 205, pg. 68-71, RS, 2004.

Angiosperm Phylogeny Group (APG III). 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society** 161.

ATTILIO, A; MELODIA, R. Reduction of hexavalent chromium by the earthworm *Eisenia foetida* (Savigny). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 21, n. 11, pg. 92-100, 2004.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. Ed. São Paulo: Bookman, 2002.

BAKER, A. J. M. Accumulators and excluder: strategies in the response of plants to heavy metals. **Journal of Plant Nutrition**, v. 3, p. 643-654, 1981.

BAKER, A. J. M.; BROOKS, R. R. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements: a review of their distribution, ecology and phytochemistry. **Biorecovery**, Washington, n. 1, p.81-126, 1989.

BARKO, J.; GUNNISON, D.; CARPENTER, S.R. Sediment interactions with submersed macrophyte growth and community dynamics. **Aquatic Botany**, v.41, 1991.

BARRETO, André Baxter. **A Seleção de Macrófitas Aquáticas com Potencial para Remoção de Metais-traço em Fitorremediação**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2011.

BARROS, M. A. S. D.; AGUIAR, E. F. O. Souzaera; **Processamento de Peles. Maringá**. Departamento de Engenharia Química da UEM, 2001.

BOSSCHE, V. V.; GAVEND, G.; BRUN, M. Chromium tanned leather and its environmental impact. **The Chromium File**, n. 4, 1997.

BRITO, E. R. **Introdução à Biologia Sanitária**. Rio de Janeiro: DTP, 1994.

Centro das Indústrias de Curtumes do Brasil (CICB). **Análise da Exportação Brasileira de Couros e Peles**. Disponível em: <http://cicb.com.br/sobre-o-mercado-do-couro.php>. Acesso em 29/04/2013.

DINARDI, A. L.; FORMAGI, V. M.; CONEGLIAN, C. M. R.; BRITO, N. N.; SOBRINHO, G. D.; TONSO, S.; PELEGRINI, R. **Fitorremediação**. In: III Fórum de Estudos Científicos, UNUCAMP, Limeira, SP, 2003.

DUBEY, C.S.; SAHOO, B.K.; NAYAK, N. R. Chromium (VI) in waters in parts of Sukinda Chromite Valley and health hazards, Orissa, India. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**. v. 67, n. 4, p. 541-548, 2001.

ESCHEMBACK, Vlandiney; KAWAKAMI, Jackson; OLIARI, Ires Cristina Ribeiro; UMBURANAS, Renan Caldas. **Efeito da restrição de luz solar e aumento da temperatura no crescimento de plantas de rabanete**. Universidade Estadual do Centro-Oeste/Departamento de Agronomia. Guarapuava, PR. 2010.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: FINEP, 1988.

FARIA, A.D. **O gênero *Eleocharis* R. Br. (Cyperaceae) no Estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1998.

FREITAS, Tânia Christina Marchesi de. **O CROMO NA INDÚSTRIA DE CURTUMES DE MATO GROSSO DO SUL, BRASIL: ASPECTOS ECOLÓGICOS**. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2006.

GAUGLHOFER, J. Environmental aspects of tanning with chromium. **Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists**, Cincinnati, v.70, p.11, 1985.

GIL, André dos Santos Bragança; BOVE, Claudia Petean. **O gênero *Eleocharis* R. Br. (Cyperaceae) nos ecossistemas aquáticos temporários da planície costeira do Estado do Rio de Janeiro**. Arq. Mus. Nac., Rio de Janeiro, vol.62 n.2, p. 131-150, 2004.

GIL, André dos Santos Bragança; BOVE, Claudia Petean. *Eleocharis* R.Br. (Cyperaceae) no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. UNICAMP, **Biota Neotrop.** vol.7 n.1 Campinas, SP, 2007.

GRANATO, M. **Utilização do aguapé no tratamento de efluentes com cianetos.** Rio de Janeiro: CETEM/CNPQ, 1995.

HENRY-SILVA, G. G., CAMARGO, A. F. M. Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. **Hoehnea.** 2005.

HERMES et al. Reciclagem dos Banhos residuais de Curtimento ao Cromo, Através da Recuperação do Mesmo por Sedimentação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.2, p.171-180, 2009

LAMEGO, Fabiane Pinto; VIDAL, Ribas Antonio. **Fitorremediação:** Plantas como agentes de despoluição - Pesticidas: r. ecotoxicol. e meio ambiente, Curitiba, PR, v. 17, 2007.

LEITE, M. A. Análise e Aporte da Taxa de Sedimentação e da Concentração de Metais na Água, Plânctons e Sedimentos do Reservatório de Salto Grande, Americana, SP. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental), Universidade Federal de São Carlos, SP, 2002.

LIMA, M. R. de; TAFFAREL, A. D.; REISSMANN, C. B.; CRUZ, A. C. L. da; DEPINÉ, H. **Avaliação do crescimento e retenção de nutrientes provenientes da eutrofização, em três macrófitas aquáticas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Ribeirão Preto, 2003.

LIMA, Sonia Barbosa de. **Pós-tratamento de chorume com wetlands construídos utilizando macrófitas aquáticas emergentes da região de Campo Mourão-PR.** Tese (Doutorado em Ciências) Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2008.

LOSI, M.E.; AMRHEIN, C.; FRANKENBERGER, W.T. Environmental biochemistry of chromium. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v.135, p.91-121, 1994.

LUCEÑO, M., ALVES, M.V. & MENDES, A.P. Catálogo florístico y claves de identificación de las Ciperáceas de los Estados de Paraíba y Pernambuco (Nordeste do Brasil). **Anales Jard. Bot.** Madrid 55 (1), p. 67-100, 1997.

MURPHY, CT McCarroll A; BARGMANN, I Fraser A, KAMATH, R Ahringer J; KENYON, HL yon C. **Genes that act downstream of DAF-16 to influence the life span of *Caenorhabditis elegans***. Nature, 277-283, 2003.

NASCIMENTO, R.A. **Desempenho de reator anaeróbico de manta de lodo utilizando efluentes líquidos de indústrias alimentícias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1996.

NRIAGU, J.O.; NIEBOER, E. **Chromium in the natural and human environments**. Ontario: wiley Inter-Science, 1988.

ODUM, Eugene P.; BARRETT, Gary. W. **Fundamentos de ecologia**. 5ª edição. São Paulo: Thomson Learning, 2007

PEREIRA, Régis da Silva. **Identificação e caracterização das Fontes de Poluição em Sistemas Hídricos**. IPH-UFRGS. V.1, n.1.p. 20-36, Pelotas, RS, 2004.

ROMITELLI, M. S. Remoção de fósforo em efluentes secundários com emprego de macrófitas aquáticas do gênero eichhornia. **Revista DAE**, São Paulo, 1983.

ROUPH, C. **Chimie et environnement**: chimie des solutions. Ales: École des Mines d'Ales, 1998.

SMITS, E. Pilon. **Phytoremediation**. Annual Review of Plant Biology. V. 56, p. 15 – 40, 2005.

SOUZA, Débora Cristina de; RIBEIRO, Rosana; LIMA, Sonia Barbosa de; CARVALHO, Karina Querne de; SILVA, Jilvan Ribeiro da. **Tolerância e Hiperacumulação de Cobre em *Pontederia parviflora* Alexander**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR, 2009.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; vol. 1. Belo Horizonte, DESA-UFMG, 2006.

SVENSON, H.K. 1929. Monographic studies in **the genus *Eleocharis***. Rhodora 31:121-135, 152-163, 167-191, 199-219, 224-242.

TAVARES, Sílvio R. L. **Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

TREVISAN, Rafael. ***Eleocharis (Cyperaceae) na Região Sul do Brasil***. Tese (Doutorado em Botânica), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2009.

ZEMLIN, R.; KÜHL, H.; KOHL, J.K. Effects of seasonal temperature on shoot growth dynamics and shoot morphology of common reed (*Phragmites australis*). ***Wetlands Ecology and Management* 8**: p. 447-457, 2000.