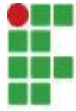


INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ

GABRIEL KÜHNLEIN CAMILO

***Salvinia* sp. como fitorremediadora de manganês em meio aquático**

LONDRINA
2018



INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ

GABRIEL KÜHNLEIN CAMILO

***Salvinia* sp. como fitorremediadora de manganês em meio aquático**

Trabalho de Conclusão de Curso, modalidade
Relatório de pesquisa, apresentado ao curso
Técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino
Médio do Instituto Federal do Paraná.

LONDRINA

2018



FOLHA DE APROVAÇÃO

GABRIEL KÜHNLEIN CAMILO

***Salvinia* sp. como fitorremediadora de manganês em meio aquático**

Trabalho de Conclusão de Curso, modalidade Relatório de pesquisa, apresentado ao Curso Técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Biotecnologia.

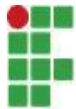
Orientador: _____

Prof(a) Dr(a) Luciana Fernandes de
Oliveira

Prof(a) Ms. Flávia Trzeciak

Prof. Ms. Paulo Antônio Cypriano
Pereira

Londrina, ____ de _____ de 2018.



AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida.

Agradeço à minha mãe Rosani Cavalcanti Kuhnlein que batalhou muito para me proporcionar uma educação de qualidade.

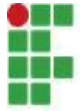
A minha orientadora Luciana Fernandes de Oliveira, pelo apoio e confiança, empenho dedicado à elaboração deste estudo e também pelo paciente trabalho de revisão da escrita.

A minha coorientadora Kátia Socorro Bertolazi pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções, incentivos e dicas.

Meus agradecimentos ao Felipe, Jonatas, João Gabriel e Gustavo companheiros de trabalhos e irmãos que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

A minha namorada, essa menina incrivelmente carinhosa e amorosa que me deu incentivo total para concluir este trabalho, estando sempre ao meu lado dividindo suas preocupações e sanando as minhas.

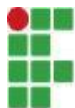
E por último, eu gostaria de agradecer a todas as pessoas incríveis que vivenciaram os 4 anos de curso comigo, agradeço as amizades que fiz e confesso que sentirei a falta das picuinhas de cada um e de suas peculiaridades, e por pior que sejam amo cada uma delas.



Ministério da Educação

Qual a sua responsabilidade na desordem da qual você se queixa?

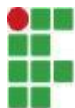
~ Sigmund Freud



RESUMO

Diante da contaminação ambiental por poluentes inorgânicos devido às atividades antrópicas, hoje se é estudado diversos recursos para reverter o quadro físico-químico das áreas degradadas, onde se destaca a fitorremediação, um processo de baixo custo e eficiente que faz uso de plantas *in situ* como agente descontaminante. A *Salvinia sp.*, uma macrófita que se encaixa nesse grupo devido seu potencial de extração de poluentes por meio de suas raízes, tem sido amplamente estudada e utilizada em casos de poluição por metais pesados. Dentro desse contexto, o estudo teve como objetivo verificar a eficácia do potencial de extração de manganês (Mn) pelas salvinias. Manganês, este que por meio de seu acúmulo em animais e em seres humanos, podem gerar malefícios irreversíveis ao sistema nervoso central (SNC) e causar uma desordem neurológica conhecida como manganismo. Perante estes riscos oferecidos pelo acúmulo de manganês, surgiu este trabalho que conciliou a verificação da eficiência da salvinia como agente fitorremediador com a necessidade de se remover os poluentes inorgânicos como o Mn de ambientes aquáticos. Para isso foi realizado um experimento laboratorial, no qual duas densidades diferentes de salvínias foram colocadas em meio contendo 1 mg/L de Mn durante um período de 10 dias. As plantas foram coletadas manualmente com o uso de puçá no lago norte de Londrina - PR. Durante o teste amostras de água foram coletadas para determinação de manganês por espectrofotometria de absorção atômica. Os resultados obtidos pelo experimento, demonstraram que após 1 dia de teste a concentração de Mn no meio aquoso foi reduzido quase que integralmente pelas salvinias, independentemente da densidade de plantas. Concluiu-se que as salvínias são eficientes fitorremediadoras e estudos complementares seriam interessantes para definir qual seria a densidade mínima de salvínias suficiente para fitorremediar o manganês, visto que a alta densidade dessas plantas no ambiente pode causar outros problemas ambientais.

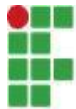
Palavras-chave: Fitorremediação. *Salvinia sp.* Manganês. Poluentes. Contaminação.



ABSTRACT

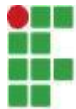
*In the face of environmental contamination by inorganic pollutants due to anthropogenic activities, several resources have now been studied to reverse the physico-chemical picture of degraded areas, where phytoremediation is a low cost and efficient process that uses in situ plants as decontaminating agent. *Salvinia* sp., A macrophyte that fits in this group due to its potential to extract pollutants through its roots, has been widely studied and used in cases of pollution by heavy metals. In this context, the study aimed to verify the efficacy of the manganese (Mn) extraction potential by salvinias. Manganese, which through its accumulation in animals and humans, can generate irreversible damage to the central nervous system (CNS) and cause a neurological disorder known as manganism. Given these risks offered by the accumulation of manganese, this work came to be reconciled to verify the efficiency of salvinia as a phytoremediation agent with the need to remove inorganic pollutants such as Mn from aquatic environments. For this, a laboratory experiment was carried out, in which two different densities of salvinia were placed in medium containing 1 mg / L of Mn over a period of 10 days. The plants were collected manually with the use of puçá in the north lake of Londrina - PR. During the test, water samples were collected for the determination of manganese by atomic absorption spectrophotometry. The results obtained by the experiment, demonstrated that after 1 day of the test the concentration of Mn in the aqueous medium was reduced almost completely by the salvinias, independently of the density of plants. It is concluded that the salvinia are efficient phytoremediation and complementary studies would be interesting to define what would be the minimum density of salvinias sufficient to phytoremediate the manganese, since the high density of these plants in the environment can cause other environmental problems.*

Key words: *Phytoremediation. Salvinia sp. Manganese. Pollutants. Contamination.*



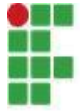
LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – <i>Salvinia sp.</i>	15
FIGURA 2 – Minério de manganês.	16
FIGURA 3 – Início da montagem do experimento. Pipetagem da solução de Mn nos béqueres correspondentes.	19
FIGURA 4 – Pesagem das plantas <i>Salvinia sp.</i>	19
FIGURA 5 – Experimento realizado com <i>Salvinia sp.</i> expostas à Mn. Cada coluna de 3 béqueres equivale a um dos grupos indicados na Tabela 1.	20
FIGURA 6 – Salvinias após 10 dias de teste apresentando danos nas folhas - formas arredondadas escuras.	23
FIGURA 7 – Salvinias após 10 dias de teste apresentando massa branca nas raízes.	24



LISTA DE GRÁFICOS

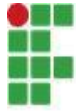
GRÁFICO 1 – Concentrações de Mn medida na água coletada das diferentes condições experimentais testadas ao longo do tempo (dias). As medidas foram feitas após 1, 3, 6, 8 e 10 de teste, sendo as médias ($n = 3$) indicadas no gráfico por meio de símbolos e o desvio padrão por linhas verticais. **22**



LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Caracterização dos Grupos de amostras de *Salvinia* sp.

20



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Mn- Manganês

SNC- Sistema nervoso central

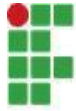
μ L- Microlitro

mg- Miligrama

L- Litro

Kg- Quilograma

PR- Paraná



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. DESENVOLVIMENTO	14
2.1 Fitorremediação	14
2.2 Salvinia	14
2.3 Manganês	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Coleta e experimento piloto	18
3.2 Desenho experimental	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1 Análise dos resultados	21
4.2 Cuidados com a salvinia	22
4.3 Eficiência da salvinia comparada a outras macrófitas	23
4.4 Danos após o final do teste	23
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS	26

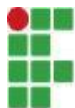
1 INTRODUÇÃO

De acordo com MOTA (1999) o crescimento urbano e industrial geralmente ocorre de maneira desorganizada, destruindo os meio ecológicos e poluindo o meio ambiente, sendo a água um dos principais afetados. A contaminação da água pode ocorrer de várias maneiras, destacando a poluição por esgoto, metais pesados, agrotóxicos e fertilizantes, ocorrendo principalmente como consequência do descarte inadequado de resíduos.

O manganês é um metal abundante na crosta terrestre e que tem diversas aplicações antrópicas, porém pode atingir os corpos hídricos podendo causar graves problemas de saúde, tanto na espécie humana quanto de outros organismos, quando acumulado (RAMOS, 2013).

Nesse contexto, tecnologias que proponham modos de descontaminação dos corpos hídricos são importantes. O presente trabalho busca estudar uma forma mais natural e de baixo custo de se resolver esse problema ambiental. A fitorremediação se refere ao uso de plantas na descontaminação de solos e meios aquáticos poluídos, principalmente com metais pesados e poluentes orgânicos, reduzindo seus teores a níveis seguros à saúde humana, além de contribuir na melhoria das características físicas, químicas e biológicas destas áreas (TAVARES, 2009). No caso do presente estudo, foi utilizada a *Salvinia sp.*, como fitorremediadora. O potencial de remover, degradar ou inativar compostos inorgânicos, minimizando os efeitos sobre organismos vivos e ao ambiente (SANTOS, 2009).

Os objetivos do trabalho são verificar se as salvinias promovem a descontaminação da água contendo 1 mg/L de manganês e em quanto tempo isso acontece. Além disso, testar se duas densidades distintas de plantas apresentam potencial fitorremediador diferente.



2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Fitorremediação

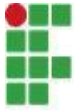
A poluição causada pela industrialização e pelo crescimento populacional tem diminuído a qualidade da água para consumo humano. Sendo de maneira natural ou antrópica, os resíduos gerados pelos processos de industrialização e de crescimento populacional, quando lançados nos corpos hídricos resultam em consequente alteração da qualidade da água (ROSA et al., 2012)

Para contribuir com a melhoria da qualidade das águas de efluentes domésticos e industriais, tem sido muito estudado o uso da fitorremediação (OSTEN, 2015). De acordo com Ali (2013), diferentes métodos físicos e químicos como fitoextração, Fitoestabilização, Fitoestimulação e a Fitodegradação, são utilizados para a remediação da poluição causada pelos metais, entretanto, apresentam sérias limitações, como o alto custo, trabalho intensivo e alteração das propriedades ambientais. Seguindo o estudo de Ali (2013) e Putra (2016), a fitorremediação tem sido utilizada como uma melhor solução para reduzir as concentrações ou efeitos tóxicos de contaminantes no ambiente.

A fitorremediação consiste na utilização de plantas com potencial de remover, degradar ou inativar compostos orgânicos e inorgânicos, minimizando os efeitos sobre organismos vivos e ao ambiente (SANTOS, 2009). São métodos eficientes e de baixo custo, não permitem a dispersão dos poluentes por vento, chuva e outros fatores naturais, mas em contrapartida o tempo necessário até que se restabeleça o equilíbrio natural é extremamente longo e lento .

2.2 Salvinias

Salvinias (Figura 1) são macrófitas aquáticas, pteridófitas de estrutura



simples, apresentam frondes expostos na superfície e pelos hidrofóbicos que retém bolhas de ar favorecendo na sua flutuação (MINOZZO, 2009). São originárias da América do Sul, onde formam povoamentos densos. Ocorrem cerca de 12 espécies, bem como alguns híbridos no Brasil. No país, temos as seguintes espécies, distribuídas segundo Minozzo (2009):

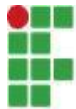
- *Salvinia auriculata* – amplamente distribuída por todo o país;
- *Salvinia biloba* – nos estados Rio de Janeiro e Espírito Santo;
- *Salvinia herzogii* – no extremo sul do país;
- *Salvinia molesta* – na Região Sudeste.



FIGURA 1 - *Salvinia* sp.

Fonte: Autoria própria, 2018.

O grande diferencial para a escolha da *Salvinia* sp. como macrófita aquática deste trabalho, foi a sua boa capacidade de reprodução e o seu potencial de armazenar metais pesados, que são poluentes inorgânicos que de acordo com Pilon-smits (2005), não podem ser degradados, mas podem ser fitorremediados via estabilização ou sequestro nos tecidos vegetais. A sua reprodução vegetativa é muito eficiente, visto que os indivíduos podem formar plantas novas desde que possuam gemas, se tornando esse o método mais eficiente para a proliferação da espécie local (SCHNEIDER, 1995).



2.3 Manganês

O manganês é um dos elementos mais abundantes na crosta sendo encontrado em solos, sedimentos, rochas, água e materiais biológicos. Pode ser encontrado em forma de óxido, hidróxido, silicato e carbonatos (COSTA, 2001). Metal prateado, brilhante, apesar de duro é muito quebradiço e facilmente oxidativo em água (Figura 2). Sua utilidade na maior parte das vezes é na área siderúrgica como produção de ferroligas, baterias e produtos químicos. A recuperação do zinco metálico através de pilhas zinco-carbono e alcalinas de manganês vem se tornando uma situação real e comum no Brasil (MUCCIDA, 2017).

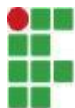


FIGURA 2-Minério de manganês

Fonte:Mineralis, 2018.

Estudos têm mostrado problemas à saúde humana após contato excessivo ao manganês, sendo relatados distúrbios de tremores das mãos e fraqueza, dificuldades de coordenação motora, problemas de memória, infertilidade, mau funcionamento do sistema nervoso central (SNC), podendo também prejudicar o fígado (RAMOS, 2013).

Seu potencial toxicológico em humanos, mencionado acima, é dado pela absorção por vias inalatórias ou gastrointestinal, podendo ocorrer por via dérmica porém esta absorção é quase insignificante comparada com as duas outras. A via

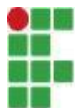


dérmica é pouco citada visto que mínimas quantidades de manganês são absorvidas pela pele em contato com líquidos contendo o metal. A via oral está relacionada à ingestão de alimentos ou água contendo manganês. O principal papel desta via está na homeostase do corpo, uma vez que o manganês é um elemento essencial (RAMOS, 2013). Contudo, poucos casos de toxicidade de manganês pela ingestão têm sido observados. A via inalatória é a principal via relacionada com a intoxicação pelo metal, pois o Mn quando inalado irá atingir o sangue chegando ao cérebro antes de ser processado pelo fígado. Dependendo da capacidade de atravessar a barreira hematoencefálica, o manganês pode atingir áreas do sistema nervoso central e produzir uma série de efeitos neurotóxicos como os citados acima (RAMOS, 2013).

De acordo com Saric et al. (2007) (citado por HERNÁNDEZ, 2009), após entrar na corrente sanguínea tanto de animais quanto de humanos, o Mn tende a se espalhar rapidamente nos tecidos, preferencialmente se acumulando nos que são ricos em mitocôndrias, como é o caso do tecido muscular e do tecido adiposo. Estudos com animais concluíram que, as concentrações de Mn nos tecidos de peixes tendem a variar de 0,2 a 19 mg/Kg de peso seco em peixes residentes de águas superficiais contaminadas (HOWE et al., 2004). O manganês é excretado primariamente através da parede intestinal, principalmente pela bile e é removido do sangue pelo fígado onde junto com a bile é excretado alcançando o intestino (HERNÁNDEZ, 2009).

Quando acumulado a certa concentração nos animais, o Mn pode causar toxicidade. Segundo WHO (2004), toxicidade aguda de Mn pode variar entre os grupos de animais de água doce, flutuando entre valores <10 mg/L de 48-h CL50 em *Daphnia magna* a 4,8 mg/L de 96-h CL50 em tilápias, enquanto algumas peixes mais resistentes tem 96-h CL50 maiores que 3000 mg/L. Segundo Oliveira et al. (2018), o Mn causou redução metabólica em bivalves de água doce *Anodontites trapesialis*, evidenciada por biomarcadores. Em peixes *Prochilodus lineatus* também já foi demonstrado que o Mn pode causar estresse oxidativo e causar danos em moléculas orgânicas (Oliveira et al., 2018b).

Assim, é importante que haja a remediação de ambientes aquáticos contaminados por Mn, uma vez que este metal pode se acumular em tecidos de



animais e plantas aquáticos, causar toxicidade, e ainda ser transferido ao longo da cadeia alimentar e ser ingeridos e absorvidos por humanos através da via gastrointestinal.

3 MATERIAL E MÉTODOS

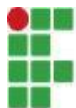
3.1 Coleta e experimento piloto.

Plantas aquáticas do gênero *Salvinia* foram coletadas manualmente com o uso de puçá no turno vespertino no lago norte de Londrina-PR localizado nas coordenadas (23°16'16.1"S / 51°09'05.9"W). Após isso, foram trazidas para o laboratório imersas com a água local para a preparação de um experimento-teste para verificar como as salvínias coletadas se comportam em condições de laboratório, a fim de obter segurança para a realização do teste de exposição das plantas nessa situação. O experimento-teste foi a distribuição das salvínias em béqueres contendo água da torneira desclorificada durante 1 semana e após o término deste período, foi verificado como elas se comportaram com a mudança de ambiente e manutenção em condições de laboratório.

Foi observado que as plantas demonstraram uma boa adaptação às condições oferecidas em laboratório, por permanecerem verdes e com aspectos saudáveis.

3.2 Desenho experimental

Após a realização do experimento-teste, foi realizado o experimento propriamente dito. Para tanto, foram organizados 15 béqueres de vidro com 1,5 L de água desclorificada, com 5 situações diferentes ($n = 3$), no qual 3 situações possuíam uma solução de manganês na concentração de 1 mg.L^{-1} e duas não



possuíam a solução de manganês (Figura 3). Para a preparação da solução mãe: 1000 mg de sulfato de manganês por 1 L, dissolvido e pipetado 1,5 mL por aquário (1,5 L). A concentração escolhida é próxima a concentração já encontrada em ambiente próximo a mineradora de carvão da região central do estado do Paraná (Oliveira et al., 2016).



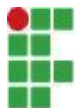
FIGURA 3 – Início da montagem do experimento. Pipetagem da solução de Mn nos béqueres correspondentes.

Fonte: Autoria própria, 2018

Feita a preparação do meio, foi criada duas proporções de plantas selecionadas de acordo com a uniformidade de suas folhas, raízes e peso. A proporção 1 chamada de “baixa quantidade” de plantas conteve em torno de 7 g da planta por béquer, enquanto a proporção 2, com “quantidade alta”, conteve em torno de 28 g (Figura 4). Para preparação do experimento, as plantas passaram por dois processos de lavagens, sendo o primeiro em água corrente para a retirada de resíduos gerais, e o segundo com a utilização de água destilada.



FIGURA 4 – Pesagem das plantas *Salvinia* sp.
Fonte: Autoria própria, 2018



Com a criação das diferentes proporções de plantas e da presença ou não de metal, foi possível montar o experimento. Para isso foi criado 5 grupos com diferentes características, conforme o Quadro 1 e ilustrado pela Figura 5.

TABELA 1 - Caracterização dos Grupos de amostras de *Salvinia sp.*

Grupo	Caracterização
I	Presença de metal e ausência de plantas (cMsp)
II	Presença de metal e baixa proporção de plantas (cMpp)
III	Presença de metal e alta proporção de plantas (cMmp)
IV	Sem presença de metal e baixa proporção de plantas (sMpp)
V	Sem presença de metal e alta proporção de plantas (sMmp)

Fonte: Autoria própria

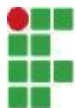


FIGURA 5 – Experimento realizado com *Salvinia sp.* expostas à Mn. Cada coluna de 3 béqueres equivale a um dos grupos indicados na Tabela 1.

Fonte: : Autoria própria, 2018

Dos dias 12 de junho a 22 do mesmo mês, as plantas foram mantidas nessas condições e amostras de água foram coletadas de dois em dois dias, em recipientes de 1,5 mL nos quais foram acrescentados 20 μ L de uma solução de ácido nítrico para fixar as amostras. A quantificação de manganês nessas amostras foi feita por ionização eletrotérmica em forno de grafite acoplado a espectrofotômetro de absorção atômica.

Os dados foram organizados em uma planilha do Excel e um gráfico único foi plotado para observar as alterações tanto temporais quanto comparativa entre os grupos em relação a quantidade de manganês medida na água.



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos resultados

O presente estudo mostrou a capacidade das salvinhas em fitorremediar um meio contaminado com manganês (1 mg/L). Com o experimento realizado, foi possível verificar, ao comparar os níveis de manganês no recipiente cMsp com os outros 4 recipientes, que houve uma evidente queda das concentrações do metal em menos de 24 horas, independentemente das densidades das plantas (Gráfico 1). Apesar de não ter sido realizada a coleta no início do experimento, o sulfato de manganês foi corretamente adicionado nos recipientes referentes aos grupos cMpp e cMmp, assim como no cMsp, sendo considerado, portanto, que houve a redução de manganês nesses dois grupos, igualando-se aqueles onde não foi adicionado metal inicialmente.

Independentemente da densidade de plantas, a eficiência de fitorremediação se manteve igual, ou seja, em 24 h já haviam absorvido o Mn da água a ponto de alcançar os níveis do controle. Contudo, não se pode descartar que no experimento laboratorial a planta estava protegida de todos os intempéries que ocorrem quando é encontrada na natureza, como a dispersão por chuvas, correntes alterando o curso da água e outros fatores que impeçam a atuação total da plantas (OLIVEIRA et al, 2001).

O presente trabalho, não consegue a partir de seus resultados, apontar qual seria a densidade mínima necessária para manter a eficiência fitorremediadora, sendo interessante que estudos complementares avaliem densidades menores de plantas, em intervalos mais curtos de tempo.

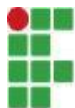
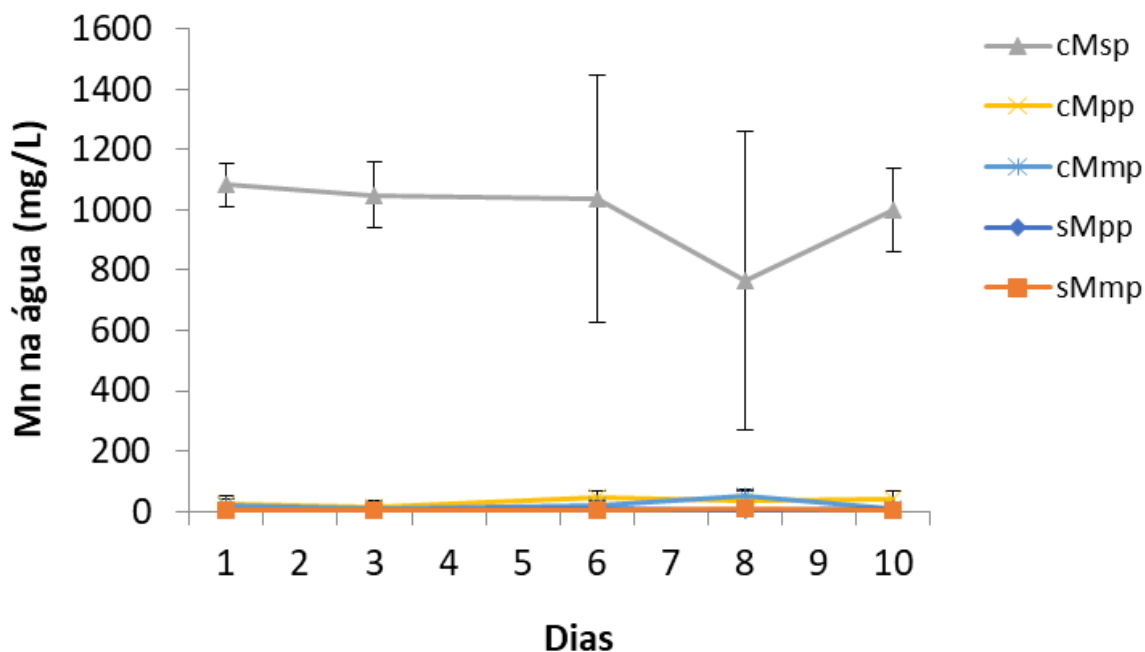


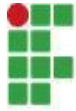
GRÁFICO 1 - Concentrações de Mn medida na água coletada das diferentes condições experimentais testadas ao longo do tempo (dias). As medidas foram feitas após 1, 3, 6, 8 e 10 de teste, sendo as médias (n = 3) indicadas no gráfico por meio de símbolos e o desvio padrão por linhas verticais.



Fonte: autoria própria.

4.2 Cuidados com a salvinia

Com todas as vantagens aparentes, o uso da fitorremediação contudo, deve ser controlado, uma vez que pode ocorrer o aumento excessivo da densidade de plantas, causando outros danos ambientais, como a dificuldade no arejamento, na penetração da luz e pela decomposição esgotam o oxigênio dissolvido na água. (MINOZZO, 2007). O gênero *Salvinia* tem a característica de se proliferar de forma indesejada causando prejuízos a múltiplos ecossistemas, sendo amplamente conhecido pelo seu potencial de colonizar rapidamente os ambientes aquáticos (RUBIM, 2001). A espécie *S. herzogii*, por exemplo, é considerada um problema sério, uma vez que, em condições favoráveis, se desenvolve e forma uma enorme



massa vegetativa na superfície impedindo a navegação e afetando a vida de peixes e outros organismos aquáticos (MINOZZO, 2007).

4.3 Eficiência da salvinia como fitorremediadora comparada a outras macrófitas.

Quando comparado o uso de salvinias e de aguapé na absorção de cádmio, Oliveira et al. (2001) afirmaram que as salvinias, ao manter o contato das folhas à solução contendo metal, apresentaram velocidade máxima de absorção quase 2,5 vezes mais rápida do que a outra macrófita. Esse mesmo estudo também relatou que até as 12 horas de exposição, o acúmulo de cádmio ainda era bem elevado, porém decresceu rapidamente com o decorrer do tempo de exposição de 3 dias.

Esses resultados corroboram o observado no presente trabalho, mostrando que a salvinias absorvem diferentes metais do meio em curto período de exposição.

4.4 Danos após o final do teste

Foi verificado que ao final dos 10 dias do teste, algumas plantas estavam com problemas de pigmentação, apresentando áreas na superfície da folha com um formato arredondado e com tonalidades escuras (Figura 6). O estudo de Peixoto et al. (2005) observaram efeitos semelhantes em folhas de *S. auriculata* expostas ao flúor.

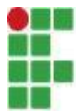


FIGURA 6 – Experimento realizado com *Salvinia sp.* expostas à Mn. Cada coluna de 3 béqueres equivale a um dos grupos indicados na Tabela 1.

Fonte: Autoria própria, 2018

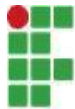


FIGURA 7 - *Salvinias* após 10 dias de teste apresentando massa branca nas raízes.

Fonte: Autoria própria, 2018.

As plantas que não possuíam manganês em seu meio aquático também apresentaram esse sintoma nas folhas e raízes. Porém, esses manifestaram de forma menos aparente comparado aos que continham o manganês. Podendo se entender que esse efeito pode ter ocorrido devido a condição de laboratório aos quais as plantas foram submetidas. Mn por se tratar de um micronutriente, o excesso e a carência nas plantas pode ocasionar alteração foliar provocando manchas (descolorindo). Isto pode ter sido também a natureza do surgimento das alterações observadas.

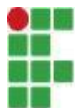
A massa branca visualizada nas raízes, foi pesquisada e não foi encontrado nada semelhante nas literaturas consultadas.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

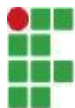
Os resultados obtidos pelo presente estudo, evidenciaram a eficácia da *Salvinia sp.* como fitorremediadora ao ser exposta ao metal Mn, demonstraram que após 1 dia de teste a concentração de Mn no meio aquoso foi reduzido quase que integralmente pelas plantas, afirmando assim sua capacidade de extrair o metal de ambientes aquáticos. Contudo, as condições ambientais possuem forte influência sobre o potencial de fitorremediação visto que em laboratório as plantas não estão sujeitas aos intempéries presentes na natureza. É importante, portanto, que esses testes sejam realizados em condições naturais.

Com todas as vantagens aparentes, o uso da fitorremediação deve ser feito de modo controlado *in situ*, devido a salvinia ser conhecida pelo seu crescimento populacional indesejado, causando outros danos ambientais. Por isso, em projetos futuros, seria interessante buscar definir qual a densidade mínima de plantas necessária para a extração de metais da água, além de verificar os locais de armazenamento do Mn nas plantas e possíveis efeitos tóxicos causados.



REFERÊNCIAS

- ALI, H. *et al.* **Phytoremediation of heavy metals - Concepts and applications.** [S.l.] Chemosphere 91, 869–881. 2013
- RAMOS, T. **Avaliação da exposição ambiental ao manganês na população residente no entorno de um estaleiro no município de Angra dos Reis, RJ.** Dissertação (Mestrado)-Escola nacional de saúde pública-ensp,2013.
- ROSA, H. *et al.* 2012. **Meio Ambiente e Sustentabilidade.** Porto Alegre, p. 17-73. 2012
- COSTA, M. *et al.* Departamento Nacional de Produção Mineral - **Manganês..** Balanço mineral Brasileiro. [S.l.] 2001
- CASAGRANDE, G. **Bioacumulação e bioissorção de cobre e mercúrio por salvinia biloba raddi(SALVINIACEAE)** /101p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais Sinop. -- 2017
- MUCCIDA, C. **Análise da variabilidade no concentrado de zinco da cadeia de suprimentos de uma empresa do setor metalúrgico** [S.l.] /Dissertação (Mestrado)-2017
- SANTOS, C. **Accumulation and toxicity of manganese in free floating aquatic macrophytes..** 57 f. Dissertação (Mestrado em Botânica estrutural; Ecologia e Sistemática) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- ALMEIDA, G. **Avaliação do potencial bioindicador e fitorremediador de salvinia auriculata aublet na presença de cádmio e chumbo .** 2009. 72 p. dissertação (mestrado em ecologia)- ecologia aplicada, universidade federal de lavras, Lavras-MG, 2009. 1.
- PUTRA, R.S.; *et al.* **Remediation of lead (Pb) and copper (Cu) using water hyacinth [Eichornia Crassipes (Mart.) Solms] with Electro-Essisted Phytoremediation (EAP)**. [S.l.] AIP Conf. Proc. 1744, p.1-6. 2016.
- VON DER OSTEN, JANAINA CASSINS. **BIOACUMULAÇÃO DE COBRE POR TRÊS ESPÉCIES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS: IMPLICAÇÕES PARA MANEJO DE EFLUENTES .** 21 p. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (Ciências Ambientais)- CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP, Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT, Mato Grosso, 2015. 1.
- TAVARES, S.; **Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos/** Sílvia Roberto de Lucena Tavares. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.



PEIXOTO, P. H.; *et al*, F. **Efeitos do flúor em folhas de plantas aquáticas de salvinia.** [S.l.] R. Pesq. Agropec. Bras., v. 40, n. 8, p. 727-734, 2005.

OLIVEIRA.; *et al*; **Absorção e acúmulo de cádmio e seus efeitos sobre o crescimento relativo de plantas de aguapé e de salvinia.** Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, 36.501-000 - Viçosa, MG.2001.

PILON-SMITS, E.**Phytoremediation.** Annual review of plant biology, Palo Alto, v.56. p 15-39, June 2005.

HOWE.P.; *et al*; **Manganese and its compounds:**environmental aspects. World Health Organization, Geneva. (2004)

HERNÁNDEZ, R.; **Manganes:**O papel do fraccionamiento químico e da especiação como determinantes de seu comportamento geoquímico e neurotóxico nos organismos em desenvolvimento. Dissertação (Pós-Doutorado)Instituto de Química da Universidade de São Paulo.2009.

RUBIM, M.A. L: CAMARGO, A. F. M. **Taxa de crescimento específico da macrófita aquatica *Salvinia molesta mitchell* em um braço do Rio Preto, Itanhaém, São Paulo.** Acta limnologica Brasiliensia, Brasil.V.13,N.1. pg 75-83, 2001.

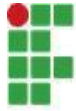
MINOZZO, K.; **Biorremediação:** Retenção de óleo com macrófita aquática *Salvinia* sp. Canoas, Ciências Biológicas do Centro Universitário La Salle – UNILASALLE, 2007.

SCHNEIDER, I.A.H. **Biossorção de Metais Pesados com a Biomassa de Macrófitos Aquáticos.** Porto Alegre, 141 f. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia, programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995

OLIVEIRA, L.; *et al*.; **Single and combined effects of Zn, Mn and Fe on the Neotropical freshwater bivalve *Anodontites trapesialis*:** Bioaccumulation and biochemical biomarkers. Laboratório de Ecofisiologia Animal–Departamento de Ciências Fisiológicas. Universidade Estadual de Londrina (2018).

OLIVEIRA,L .; *et al*.;**Metals bioaccumulation and biomarkers responses in the Neotropical freshwater clam *Anodontites trapesialis*:** Implications for monitoring coal mining areas. Laboratório de Ecofisiologia Animal - Departamento de Ciências Fisiológicas, Universidade Estadual de Londrina,(2016).

OLIVEIRA, L.; *et al*.;**Triple-Mixture of Zn, Mn, and Fe Increases Bioaccumulation and Causes Oxidative Stress in Freshwater Neotropical Fish.**Laboratório de Ecofisiologia Animal, Departamento de Ciencias Fisiologicas, Universidade Estadual de Londrina,(2018).



Ministério da Educação

WHO, World Health Organization. Mr P.D. Howe,; *et al.*; **MANGANESE AND ITS COMPOUNDS: ENVIRONMENTAL ASPECTS.**(2004)Geneva.