

DETERMINAÇÃO DA POTENCIALIDADE DE UTILIZAÇÃO DA *PISTIA STRATIOTES* COMO AGENTE FITORREMEIADOR DE AMBIENTES NATURAIS

Layane Érica da Silva Pinto^{1*}, Myrelle Yasmine de Freitas Câmara¹, Fernanda Beatriz Aires de Freitas¹, Francisco Gustavo Hayala Silveira Pinto², Anne Gabriella Dias Santos², Daniel Freitas Freire Martins¹.

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Mossoró, Costa e Silva, Mossoró, RN 59.625-900 Brasil

²Departamento de Química, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Campus Universitário Central, Costa e Silva, Mossoró, RN 59,610-090 Brasil

RESUMO

A fitorremediação é uma técnica de biorremediação, em que se faz o uso de plantas para a descontaminação de ambientes. Nos ambientes aquáticos, a fitorremediação pode ser realizada por macrófitas aquáticas, mostrando-se uma técnica bastante eficiente, ecológica e de baixo custo. Desta forma, o objetivo desse trabalho foi estudar o potencial fitorremediador de macrófitas aquáticas da espécie *Pistia stratiotes* presentes no rio Apodi/Mossoró em relação aos teores de Br, Ca, Fe, K, Mn, Rb, S, Si, Sr, Zn, P, Ti, Cl, Cu, Ba, Ni, Y, V, Zr, Al, Cr, Eu, Pd e As. Foram determinados os teores de Br, Ca, Fe, K, Mn, Rb, S, Si, Sr, Zn, P, Ti, Cl, Cu, Ba, Ni, Y, V, Zr, Al e Cr na água do Rio Apodi/Mossoró e no tecido vegetal das macrófitas aquáticas da espécie *Pistia stratiotes* presentes no mesmo local a partir do método Fluorescência de Raios X. De modo geral, a absorção dos elementos variou de acordo com a sua classificação e com o potencial remediador da *Pistia stratiotes*. A partir dos fatores de translocação foi possível observar que o cloro e o estrôncio foram os elementos com as

*E-mail: layaneerica@hotmail.com

maiores porcentagens. De acordo com o fator de bioacumulação, o elemento que teve destaque foi o manganês, um micronutriente. Portanto, a partir da grande quantidade de elementos identificados na água do Rio Apodi/Mossoró e no tecido vegetal da *Pistia stratiotes* pode-se concluir que esta macrófita aquática pode ser utilizada em processos de fitorremediação de ambientes naturais.

Palavras-chave: Fitorremediação; Macrófitas aquáticas; *Pistia stratiotes*; Rio Apodi/Mossoró; Poluição.

DETERMINING THE POTENTIAL OF USE OF *PISTIA STRATIOTES* AS PHYTOREMEDIATION AGENT OF NATURAL ENVIRONMENTS

ABSTRACT

Phytoremediation is a bioremediation technique, in which use is made of plants for the decontamination of environments. In aquatic environments, phytoremediation can be carried out by aquatic weeds, being a very efficient technique, ecological and inexpensive. Thus, the aim of this study was to evaluate the phytoremediation potential of aquatic weeds species *Pistia stratiotes* present in the River Apodi/Mossoró in relation to Br, Ca, Fe, K, Mn, Rb, S, Si, Sr, Zn, P, Ti, Cl, Cu, Ba, Ni, Y, V, Zr, Al, Cr, I, Pd and As. Were determined Br, Ca, Fe, K, Mn, Rb, S, Si, Sr, Zn, P, Ti, Cl, Cu, Ba, Ni, Y, V, Zr, Al and Cr in the water of the River Apodi/Mossoró and plant tissue of aquatic weeds of *Pistia stratiotes* species present in the same location from the method X-Rays Fluorescence. Generally, the absorption of the elements varied according to its classification and the potential remedial *Pistia stratiotes*. From the factors translocation it was observed that strontium and chlorine are elements with higher percentages. According to the bioaccumulation factor, which had highlighted element was manganese, a micronutrient. Therefore, from the large number of elements identified in the water of the River Apodi/Mossoró and plant tissue of *Pistia stratiotes* it can be concluded that this aquatic macrophyte can be used in phytoremediation processes of natural environments.

Keywords: Phytoremediation; Aquatic weeds; *Pistia stratiotes*; River Apodi/Mossoró; Pollution.

INTRODUÇÃO

A disseminação dos problemas ambientais está cada vez maior, principalmente devido à ação antrópica. As emissões de poluentes no ar, no solo e também nos ambientes aquáticos estão relacionadas a processos naturais e, sobretudo, às atividades humanas.¹ Os diversos tipos de organismos alteram seu ambiente, e com o homem não é diferente. Com o aumento da população humana e com a crescente expansão da tecnologia, os seres humanos tiveram seus ambientes modificados e a partir daí houve uma drástica mudança na natureza.²

Tanto os ambientes terrestres como os aquáticos sofreram impactos negativos, sendo contaminados com uma grande variedade de poluentes. A contaminação do solo é uma barreira para o desenvolvimento sustentável.³ No caso dos ambientes aquáticos, que são formados por vários ecossistemas, os córregos urbanos podem ser citados como um dos exemplos mais claros de como as atividades humanas podem modificar tal meio², sem falar dos demais ecossistemas, que podem ser tão atingidos quanto os córregos urbanos.

De acordo com Oliveira e Costa (2002)⁴, a descarga de efluentes nos cursos hídricos é uma das mais importantes fontes de contaminantes tóxicos no ambiente. O descarte dos resíduos industriais, e também de outros meios de poluição, deve ter um destino adequado, para que os ambientes aquáticos não sejam prejudicados e percam a qualidade de suas águas. A escassez de água hoje é um problema real em muitos lugares, desse modo, é de suma importância que ela seja preservada desde sua origem.

Devido à variedade de poluentes, há uma maior procura por técnicas eficazes que possam ser aplicadas a cada situação⁵ e que se mostrem eficientes na recuperação de ambientes aquáticos.³

A fitorremediação é uma técnica de biorremediação que se refere ao uso de plantas na recuperação de ambientes, de forma total ou parcial.⁶ A utilização de plantas para reparar ambientes atingindo seus contaminantes é um método rentável e ecologicamente correto.⁷ Tal técnica é bastante útil para o meio ambiente, já que é possível fazer o uso de plantas específicas, que irão agir de acordo com os tipos de poluentes presentes no meio. A

capacidade de uma planta realizar a fitorremediação vai depender principalmente da absorção de determinados elementos e sua resistência a eles.³ Entretanto, as plantas não absorvem apenas os elementos essenciais ao seu desenvolvimento. Muitas delas têm a capacidade de tolerar, absorver e até acumular elementos não essenciais, ou mesmo metais essenciais que se acumulam no ambiente em quantidades tóxicas. Então, para que uma planta tenha potencial fitorremediador, ela deve apresentar tais características (CLEMENS, 2006 apud MARTINS, 2014).⁶

A fitorremediação com macrófitas aquáticas é uma boa alternativa para a recuperação dos ambientes aquáticos. Essas plantas apresentam boa capacidade de absorção de contaminantes e têm uma rápida multiplicação, favorecendo a fitorremediação numa maior parte do meio.⁸ Para que sejam obtidos resultados positivos, é necessário conhecer o tipo de poluente que está afetando o local e desse modo fazer a escolha da planta mais adequada para ser utilizada.

Um importante fator capaz de influenciar a absorção de elementos pelas plantas é a concentração de nutrientes no ambiente onde elas estão presentes.⁶ A presença de macrófitas aquáticas em ambientes que são alvos de resíduos industriais, esgotos ou qualquer outro tipo de poluente já incide na resistência que essas plantas possuem em suportar elementos tóxicos. Essas plantas acabam realizando a fitorremediação desses ambientes devido às condições a que são impostas. A pequena quantidade de nutrientes e a grande quantidade de elementos tóxicos acabam provocando a maior absorção desses últimos, o que pode se levar em consideração quando o objetivo é recuperar algum ambiente. Logo, o ambiente no qual a planta está inserida também deve ser levado em consideração no momento de determinar o seu potencial fitorremediador.

As macrófitas aquáticas da espécie *Pistia stratiotes*, conhecida popularmente como alface d'água, pertence à família *Araceae*, sendo caracterizada como uma espécie flutuante e de rápida multiplicação. É importante citar ainda a habilidade que esta macrófita possui de se regenerar a partir pequenas porções do talo, possuindo ainda independência total ou parcial das estruturas sexuais reprodutivas.⁹ Apesar da *Pistia stratiotes* possuir origem incerta, ela é uma macrófita de clima tropical, havendo vasta distribuição em ambientes aquáticos tropicais.¹⁰

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo determinar o potencial fitorremediador de macrófitas aquáticas da espécie *Pistia stratiotes* presentes no rio Apodi/Mossoró em relação aos teores de bromo, cálcio, ferro, potássio, manganês, rubídio, enxofre, silício, estrôncio, zinco, fósforo, titânio, cloro, cobre, bário, níquel, ítrio, vanádio, zircônio, alumínio, cromo, európio, paládio e arsênio.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos de análises foram realizados de acordo com o descrito no Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes da EMBRAPA (1999)¹¹ e Standard Methods of APHA (2005).¹²

As amostras de macrófitas da espécie *Pistia stratiotes* foram coletados no trecho do Rio Apodi/Mossoró que corta a cidade de Mossoró (Figura 1), em junho de 2015, o qual foi selecionado de forma estratégica, levando em consideração, em especial, a maior presença de macrófitas desta espécie. Na mesma ocasião também foi coletada água do rio.



Figura 1 – Ponto de coleta e sua coordenada geográfica, localizado no Rio Apodi/Mossoró que corta a Avenida Leste Oeste na cidade de Mossoró, RN.

As amostras de água foram coletadas nas proximidades das margens do rio, em frascos de vidro âmbar, acidificadas com 1 mL de ácido nítrico P.A./L de amostra, devidamente

etiquetadas e levadas para o Laboratório de Química Geral da UFERSA, Campus Caraúbas, para ser analisada. Para a análise dos elementos na água, foi preciso realizar antecipadamente o processo de digestão ácida, de acordo com o método 3005 A da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA). O método diz que a amostra previamente acidificada na ocasião da coleta com HNO₃ deve ser aquecida à 90/95 °C na presença de ácido, a fim de provocar uma redução do seu volume, obtendo-se, ao final, de 15 a 20 mL. Em seguida, as amostras digeridas são filtradas e diluídas com água deionizada, a um volume conhecido para análise futura. Após a solução ser preparada, 100 mL desta deve ser levada para a estufa, a uma temperatura de 105 °C, com a finalidade de secar toda a água e obter os sais sólidos. Estes foram levados para o laboratório de química da UERN, para a análise dos metais previstos por Fluorescência de Raios X.

Com relação as plantas, as mesmas foram coletadas e colocadas em um recipiente, com um pouco de água do local, e levadas ao laboratório para tratamento prévio. No laboratório, as plantas foram bem lavadas com água da torneira e enxaguadas com água deionizada. As plantas foram separadas em folhas e raízes, colocadas em bandejas plásticas e levadas para a estufa com circulação forçada de ar, onde ficaram por dois dias para a secagem completa. Em seguida, as plantas foram trituradas em liquidificador tradicional, com lâminas de aço inoxidáveis e peneiradas a fim de homogeneizar o tamanho das partículas. Posteriormente, cerca de 3 gramas da amostra das raízes e 4 gramas da amostra das folhas foram calcinadas durante 3 horas à 550 °C. As cinzas foram enviadas para o laboratório de química da UERN, para ser realizada a análise de todos os metais previstos por Fluorescência de Raios X.

Os Fatores de Translocação e os Fatores de Bioacumulação foram calculados através das Equações 1 e 2:

$$FT = \frac{CF}{CR} \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

FT = Fator de translocação;

CF = Concentração dos elementos nas folhas;

CR = Concentração dos elementos nas raízes.

$$FB = \frac{CT}{CA} \quad \text{Equação 2}$$

Onde,

FB = Fator de bioacumulação;

CT = Concentração dos elementos na planta (folha + raízes);

CA = Concentração dos elementos na água.

Foi realizada ainda a análise estatística dos dados, na qual foi aplicada a análise de variância (ANOVA), a partir do programa ASSISTAT – Assistência Estatística – utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e duas repetições, e o teste de Tukey ($p < 0,05$), a fim de verificar a ocorrência de diferenças significativas entre os tratamentos – folha e raiz.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise de Fluorescência de Raios X (FRX) das amostras de água, folhas e raízes foram identificados 24 elementos, que estão dispostos na Tabela 1.

Os elementos detectados pela FRX estão divididos em algumas categorias – macronutrientes, micronutrientes, elementos tóxicos, elementos benéficos e não essenciais –, cuja absorção pelas plantas vai depender, principalmente, da sua classificação.

Os elementos que se encontram em maior porcentagem na água são os que foram mais absorvidos pelas raízes, com exceção do manganês. É possível observar também que alguns elementos que não foram detectados nas amostras de água, estão presentes nas raízes, nas folhas ou em ambos. Possivelmente, este fato se deu em função da constante variabilidade das características físico-químicas de um ambiente natural ou em função do baixo teor desses elementos presentes na água que vai de encontro ao limite de quantificação da técnica utilizada.

Há na natureza vários elementos essenciais às plantas, estes são divididos em macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, C, H e O), que são exigidos em grande quantidade, e micronutrientes (B, Cl, Se, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn), exigidos em pequenas quantidades.¹³ Entretanto, o fato dos micronutrientes serem essenciais em menores quantidades não significa que eles são menos importantes para a planta^{6, 14}, a falta ou excesso desses nutrientes provoca manifestações visíveis no tecido vegetal.¹³

Tabela 1 – Teores dos elementos na água e no tecido vegetal da *Pistia stratiotes* em %.

Analito	Água do rio	Folha	Raiz	Fator de Translocação	Fator de Bioacumulação
Br	0,392	0,099a	0,052a	1,913	0,383
Ca	66,927	37,793a	19,434b	1,945	0,855
Fe	1,369	1,313b	6,335a	0,207	5,587
K	9,628	19,240a	15,666a	1,228	3,625
Mn	0,219	1,259b	7,268a	0,173	38,932
Rb	0,043	0,014a	0,022a	0,614	0,826
S	13,107	1,884b	6,698a	0,281	0,655
Si	7,054	2,446b	21,121a	0,116	3,341
Sr	1,080	0,145a	0,053a	2,762	0,183
Zn	0,182	0,024b	0,0556a	0,432	0,437
P	0,000	4,823a	3,865a	1,248	-
Ti	0,000	0,100b	0,523a	0,191	-
Cl	0,000	28,247a	7,167b	3,942	-
Cu	0,000	0,021a	0,052a	0,398	-
Ba	0,000	0,107	0,000	-	-
Ni	0,000	0,000	0,000	-	-
Y	0,000	0,000	0,002	0,000	-
V	0,000	0,000	0,033	0,000	-
Zr	0,000	0,000	0,011	0,000	-
Al	0,000	0,000	11,634	0,000	-
Cr	0,000	0,000	0,013	0,000	-
Eu	0,000	0,000	0,000	0,000	-
Pd	0,000	0,000	0,000	0,000	-
As	0,000	0,000	0,000	0,000	-

As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O Gráfico 1 apresenta os macronutrientes presentes nas amostras de *P. satratiotes*. O cálcio foi o elemento mais absorvido pelas plantas, isso porque era o elemento em maior quantidade na água e também devido a sua essencialidade. Todos os macronutrientes foram encontrados em maior quantidade nas folhas, com exceção do enxofre. A presença de maior quantidade destes elementos nas folhas ocorre também devido à sua essencialidade, para que assim as plantas possam desenvolver suas atividades vitais.

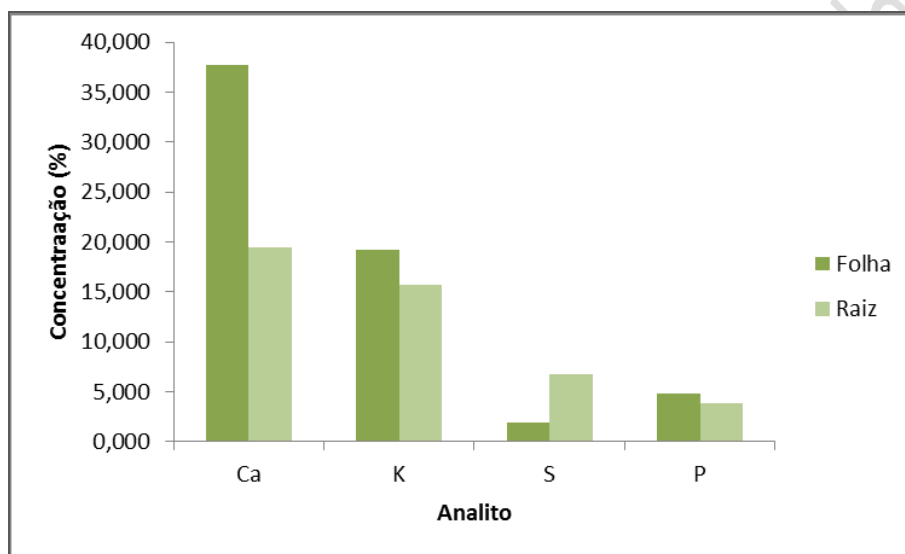


Gráfico 1 – Macronutrientes presentes em *Pistia stratiotes*.

Os micronutrientes identificados nos indivíduos de *Pistia stratiotes* estão contidos no Gráfico 2. A grande presença de cloro nas folhas se torna incoerente tanto com a falta de identificação deste elemento na água como com o que já foi discutido a respeito dos micronutrientes – que estes são essenciais em pequenas quantidades. Não houve a identificação deste elemento na água, entretanto ele pode estar no tecido vegetal da planta devido o seu potencial de bioacumulação. Mesmo sendo um micronutriente, o cloro é um elemento facilmente absorvido pelas plantas, sendo bastante móvel, estando presente no tecido vegetal das plantas em concentrações muito maiores do que as requeridas.^{14,15} A presença em menor quantidade de ferro e manganês nas folhas em relação às raízes é aceitável, indo de acordo com o disposto na literatura.^{6, 14, 16} Não houve quantificação de níquel nas amostras.

Alguns elementos são classificados como benéficos – silício, cobalto, sódio, selênio e alumínio –, estes são essenciais para um número limitado de plantas.¹⁵ No geral, podem

melhorar o crescimento e aumentar a produção, mas a sua ausência não causa prejuízos às mesmas.¹⁷

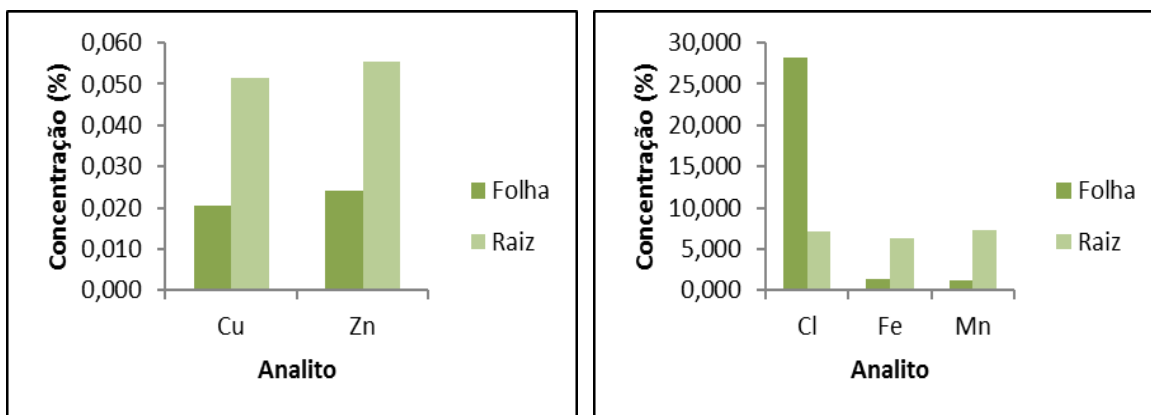


Gráfico 2 – Micronutrientes presentes em *Pistia stratiotes*.

Apenas dois dos cinco elementos benéficos foram identificados nos indivíduos de *Pistia stratiotes*, estes estão contidos no Gráfico 3. Apesar de serem considerados benéficos, apenas uma pequena parte de silício foi encontrada nas folhas, enquanto que na raiz há uma grande porcentagem. Como esse elemento é essencial para um número limitado de espécies, é provável que os indivíduos de *Pistia stratiotes* não necessitem dele ou o façam em pequena quantidade, então o silício tende a bioacumular nas raízes. O alumínio, por sua vez, foi determinado apenas nas raízes, em porcentagem relativamente considerável. A explicação para a ausência de Al nas folhas se dá pela aparente não essencialidade para a *Pistia stratiotes*.

Há também elementos classificados como tóxicos que podem ser encontrados no tecido vegetal de muitas plantas, como o cromo, o cádmio, o chumbo e o mercúrio.⁶ Os elementos tóxicos também podem ser denominados de metais pesados, e esta denominação se aplica aos elementos que possuem número atômico maior do que 20 ou que possuam peso específico maior do que 5 g.cm⁻³ (BARCELÓ, 1992 apud GONÇALVES JUNIOR, et al. 2000).¹⁸

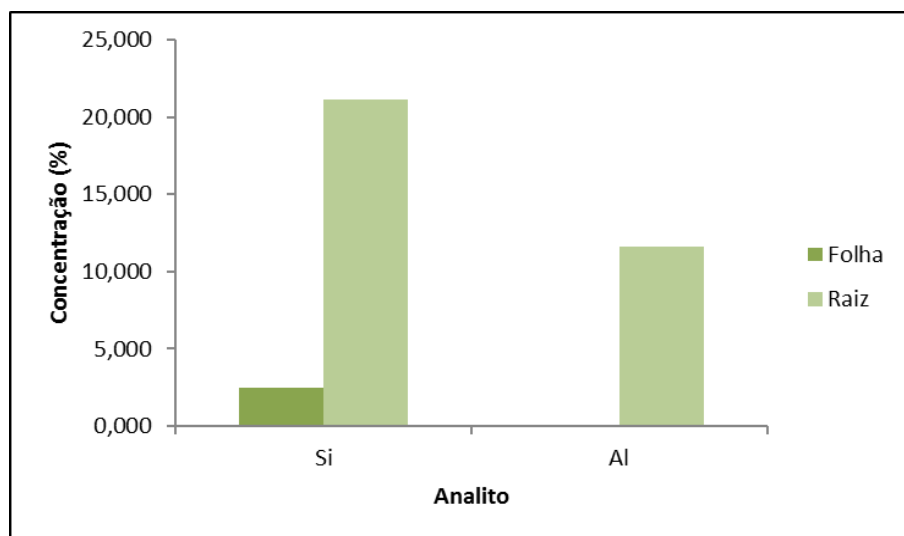


Gráfico 3 – Elementos benéficos presentes em *Pistia stratiotes*.

Os elementos tóxicos e/ou considerados não essenciais presentes nos indivíduos de *Pistia stratiotes* estão contidos no Gráfico 4. Dos doze metais identificados pela FRX, apenas nove foram quantificados no tecido vegetal das plantas. Todos os elementos identificados estavam em pequenas quantidades nas raízes; mesmo que a absorção de titânio seja visivelmente maior, a porcentagem deste metal na planta ocorre em uma quantidade bem inferior. A presença de alguns elementos tóxicos nas folhas é um pouco maior do que nas raízes, entretanto, as porcentagens ainda são baixas. Desse modo, a presença desses elementos nas plantas não afetou de forma significativa o seu ciclo de vida, visto que no momento da coleta as plantas estavam em perfeito estado, entretanto deve-se atentar também para a quantidade desses elementos na água. A baixa quantidade na água pode resultar em uma pequena absorção, ressaltando que a toxidez dos mesmos não é fator impeditivo para a sua absorção em maiores quantidades e que é comum a sua bioacumulação no tecido vegetal de muitas plantas.

O fator de bioacumulação, Gráfico 5, mede a capacidade da planta absorver o elemento do meio e bioacumulá-lo no tecido vegetal (folha ou raiz). A partir do gráfico, pode-se constatar que as macrófitas de *Pistia stratiotes* presentes no Rio Apodi/Mossoró têm uma alta capacidade em acumular manganês, mesmo ele sendo um micronutriente e, desse modo, requerido em pequena quantidade. É possível ainda que esta quantidade de manganês na planta prejudique de alguma forma o seu ciclo de vida. A bioacumulação de potássio, cálcio e

enxofre, ambos macronutrientes, é menor do que a bioacumulação de certos micronutrientes e até elementos benéficos – silício. A provável causa para esse fato é a disputa e substituição destes elementos por outros com características similares ou mesmo a idade fisiológica das plantas. Quantitativamente havia maior porcentagem desses macronutrientes no tecido vegetal da *Pistia stratiotes*, mas basta fazer uma observação nos valores da água, folha e raiz e comparar com os mesmos resultados com os obtidos para o ferro e o silício que é possível notar que a absorção desses últimos se mostrou mais eficiente, mesmo com pequena quantidade na água, fortalecendo a hipótese de que a competição entre os elementos seja a principal causa para este fenômeno.

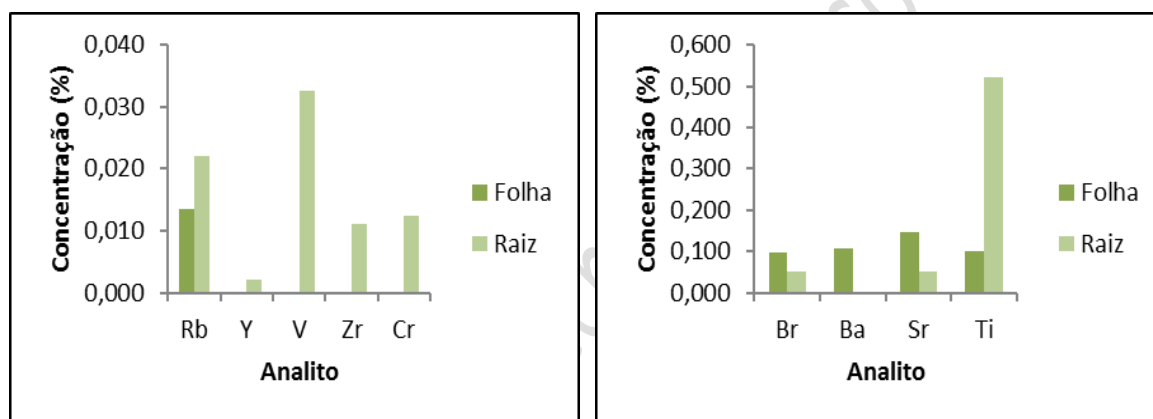


Gráfico 4 – Elementos tóxicos presentes em *Pistia stratiotes*.

Com base nos resultados obtidos para o fator de bioacumulação para cada elemento, observa-se que nem todos são maiores do que a unidade, mostrando que a capacidade da planta em bioacumular esses elementos podem variar de forma bastante significativa.

No Gráfico 6 estão dispostos os resultados obtidos para o fator de translocação, a partir do qual é possível constatar que a espécie *Pistia stratiotes* presente no Rio Apodi/Mossoró tem melhor capacidade em translocar bromo, cálcio, potássio, estrôncio, fósforo e cloro nas folhas em relação aos demais que se apresentam em valores menores do que a unidade. Com exceção do bromo e do estrôncio, a acumulação nas folhas dos demais elementos já era esperada devido à essencialidade destes para as plantas, favorecendo, assim, a translocação das raízes para as folhas. O fator de translocação do enxofre não é o esperado, visto que este é um macronutriente e deve ser translocado para as folhas em quantidades maiores. No entanto, esse

comportamento pode ter ocorrido devido a diversos fatores adversos, como a idade das plantas e a competição entre os elementos, podendo ter sido substituído. O ferro, o manganês, o cobre e o zinco estão em baixa quantidade, entretanto, ambos são micronutrientes, o que é completamente aceitável.

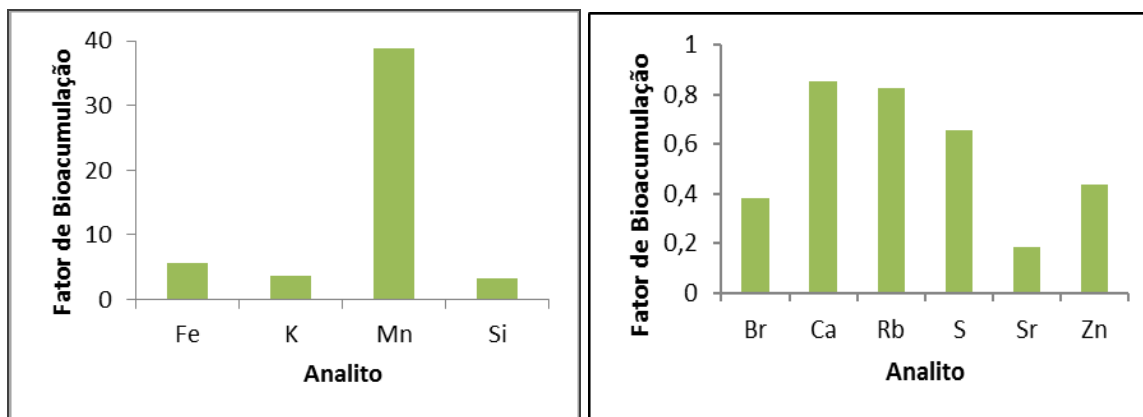


Gráfico 5 – Fator de bioacumulação em *Pistia stratiotes*.

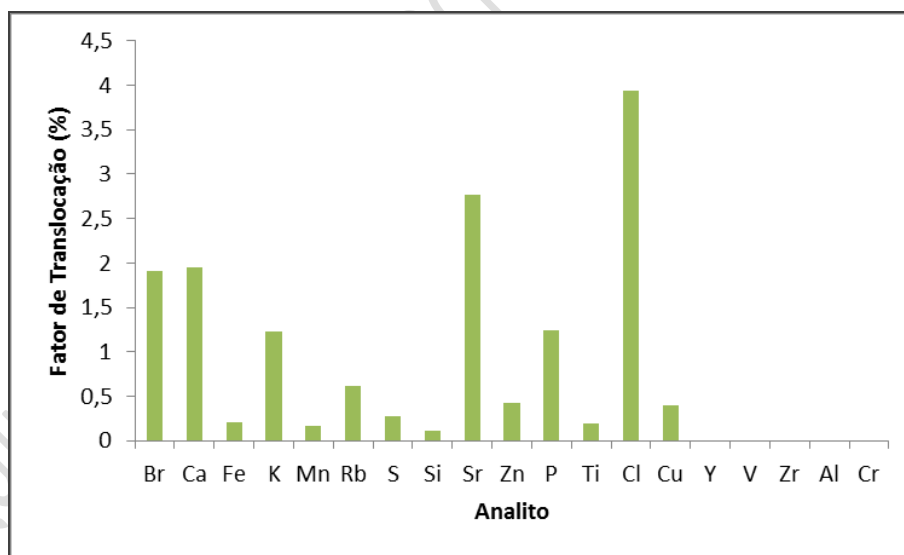


Gráfico 6 – Fator de translocação em *Pistia stratiotes*.

A partir dos dados obtidos no presente trabalho e pelo que consta na literatura, observa-se que a planta absorve vários elementos minerais que nem sempre são essenciais para o seu ciclo de vida, assim é certo dizer que as plantas possuem uma capacidade de absorção seletiva

limitada, sendo este o motivo para a absorção de elementos não-essenciais – benéficos e/ou tóxicos.¹⁵

Outro ponto que deve ser considerado ao se analisar o potencial fitorremediador de uma espécie é a influência causada por outros elementos na capacidade de absorção de um analito em específico.⁶ Tal fato se encaixa como explicação na absorção ou não absorção de determinados elementos que não condiz com o proposto pela literatura.

Faz-se necessário mencionar também que a absorção de alguns elementos pelas plantas que aparentam ser desnecessários para a realização das funções vitais são, na verdade, nutrientes essenciais para o homem e para os animais.¹⁴

CONCLUSÃO

A partir do método Fluorescência de Raios X foi possível identificar uma grande quantidade de elementos presentes na água do Rio Apodi/Mossoró e também no tecido vegetal da *Pistia stratiotes*. Sendo possível analisar a influência de cada elemento no ciclo de vida desta planta.

Foi possível observar que apesar dos macronutrientes e micronutrientes serem necessários em grandes e pequenas quantidades, respectivamente, nem sempre isso vai ocorrer. Esse fato é explicado pela competição entre os elementos e fortalecido pela baixa capacidade seletiva de muitas plantas, o que provoca a absorção dos mais variados elementos.

Apesar de pequena, a absorção de metais pesados pela *Pistia stratiotes* é de importante valia, visto que as plantas não apresentaram características negativas em relação à presença destes elementos. Este aspecto torna possível a utilização desta espécie na fitorremediação de efluentes industriais ou mesmo de ambientes aquáticos que recebam estes elementos de forma indevida, como no caso do Rio Apodi/Mossoró. Entretanto, podem-se realizar mais estudos no sentido da absorção de metais pesados pela *Pistia stratiotes* a fim de verificar quais metais possuem maior afinidade com ela e assim fazer o melhor uso da técnica de fitorremediação.

A partir dos fatores de translocação e bioacumulação pode-se constatar que a *Pistia stratiotes* pode ser utilizada como agente fitorremediador de manganês, cloro, estrôncio e bromo devido a quantidade acumulada no seu tecido vegetal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] COSTA, C. R.; OLIVI, P. *Química Nova*. 2008, 31, 7.
- [2] GILBERT, O. L. *The Ecology of Urban Habitats*. Londres: Chapman and Hall, 1989.
- [3] COUTINHO, H. D.; BARBOSA, A. R. *Silva Lusitana*. 2007, 15, 1.
- [4] OLIVEIRA, J. A.; COSTA, C. C. Resumo do VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, Brasil, 2002.
- [5] RÖRIG, L. R. et al. *Brazilian Journal of Biology*. 2007, 67, 4.
- [6] MARTINS, D. F. F. - Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, 2014.
- [7] XIA, H.; MA, X. *Bioresource Technology*. 2006, 97.
- [8] PEREIRA, F. J. - Tese de Doutorado, Universidade Federal de Lavras, Brasil, 2010.
- [9] MARTINS, D.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; TOFOLI, G. R. *Planta Daninha*. 2002, 20.
- [10] CANCIAN, L. F. - Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Brasil, 2007.
- [11] EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa, 1999.
- [12] APHA – American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington: APHA, 2005.
- [13] MALAVOLTA, E. *Informações Agronômicas*. 2008, 121.
- [14] KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. *Informações Agronômicas*. 2007, 118.
- [15] KERBAUY, G. B. *Fisiologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- [16] MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B.; FAVARETTO, N.; BOEGER, M. R. T.; OLIVEIRAS, E. B. R. *Bras. Eng. Agríc. Ambiental*. 2007, 11, 3.
- [17] MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 2006.
- [18] GONÇALVES JUNIOR, A. C.; LUCHESE, E. B.; LENZI, E. *Química Nova*. 2000, 23, 2.