

Biossorção de SE(IV) por farelo de pseudocaule de bananeira

Biosorption of SE(IV) by banana pseudostem bran

DOI:10.34117/bjdv8n7-099

Recebimento dos originais: 23/05/2022

Aceitação para publicação: 30/06/2022

Ozair Souza

Doutorado em Biotecnologia pela Universidade de São Paulo (USP)

Instituição: Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

Endereço: Rua Paulo Malschitzki Zona Industrial Norte, CEP: 89219710, Joinville - SC

E-mail: ozair.souza@univille.br

Gabriela Grossl

Pós-Graduação em Gestão de Projetos pela Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

Instituição: Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

Endereço: Rua Paulo Malschitzki Zona Industrial Norte, CEP: 89219710, Joinville - SC

E-mail: gabrielagrossl@yahoo.com

Franciane Battisti

Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

Instituição: Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

Endereço: Rua Paulo Malschitzki Zona Industrial Norte, CEP: 89219710, Joinville, SC

E-mail: fran.battisti12@gmail.com

RESUMO

Apresentando-se como uma alternativa economicamente atrativa na remoção de metais, a biossorção caracteriza-se na utilização de biossorventes diversificados, provindos de resíduos agrícolas e industriais. Em águas residuais de indústrias químicas utilizadoras de selênio (Se) em seus processos, favorecem a presença deste elemento químico em seus efluentes. No presente trabalho, avaliou-se a eficiência da biossorção de selênio dissolvido em meio aquoso por farelo de pseudocaule de bananeira. Foram realizados cinco ensaios de biossorção em pH 4,5 com concentração inicial de Se de 30mg/L e diferentes concentrações de biossorvente (2, 5, 10, 25 e 50 g/L). O tempo de reação em todos os ensaios foi de 24 h, com frequência de agitação de 120 min⁻¹ e temperatura de 30°C. Apenas os ensaios com maiores concentrações de farelo apresentaram redução na concentração inicial de Se, sendo o ensaio D, com 25 g/L de pseudocaule de bananeira, o de maior eficiência nessa remoção (12,1%). Em nenhuma condição experimental avaliada foi possível reduzir a concentração inicial de Se(IV) para valores menores de 0,30 mg/L, valor máximo estabelecido pelo CONAMA para descarte de efluentes em corpos hídricos receptores.

Palavras-chave: biossorção, biossorvente, selênio, pseudocaule de bananeira.

ABSTRACT

Presenting itself as an economically attractive alternative in the removal of metals, the biosorption is characterized in the use of diversified biosorbents, coming from agricultural and industrial wastes. In wastewater from chemical industries that use selenium (Se) in their processes, they favor the presence of this chemical element in their effluents. In the present work, the efficiency of biosorption of dissolved selenium in aqueous media by banana pseudostem was evaluated. Five biosorption assays were performed at pH 4.5 with initial Se concentration of 30 mg/L and different concentrations of biosorbent (2, 5, 10, 25 and 50 g/L). The reaction time in all assays was 24 h, with stirring frequency of 120 min⁻¹ and temperature of 30°C. Only the assays with higher bran concentrations presented reduction in the initial Se concentration, and the assay D, with 25 g/L of banana pseudostem, presented the highest efficiency in this removal (12.1%). In no experimental condition it was possible to reduce the initial concentration of Se(IV) to values lower than 0.30 mg/L, maximum value established by CONAMA for discharge of effluents in receiving water bodies.

Keywords: biosorption, biosorbent, selenium, banana tree pseudostem.

1 INTRODUÇÃO

O selênio é um micronutriente presente em alimentos de origem animal e vegetal no aminoácido selenocisteína. Desta forma, é essencial à saúde humana, já que possui diversas funções no organismo. Porém, em altas concentrações, causa efeitos tóxicos que, de forma geral, aparecem quando o consumo excede 0,85mg diariamente. Este efeito causado está ligado a sua forma orgânica (RIZZO et al., 2007).

Este elemento químico apresenta 6 elétrons na camada de valência, portanto, encontra-se na família 6A (Calcogênicos) de acordo com a tabela periódica de Henry Moseley e é um não metal. Por tais motivos, o Selênio não conduz eletricidade, não é dúctil e, geralmente em condições de pressão e temperatura normais, apresenta-se em estado sólido (SILVA e BARP, 2014). Este elemento é capaz de assumir diferentes configurações eletrônicas, como: seleneto, selenito, selenato e também o gás hidreto de selênio (altamente tóxico). Sua coloração depende da forma alotrópica assumida, sendo a forma cristalina hexagonal de cor cinza metalizada a mais estável (RIZZO et al., 2007).

A obtenção do selênio ocorre através do refinamento do cobre, extraindo-se, assim, um subproduto composto por Telúrio e Selênio (5–25% Se, 2–10% Te). Este pode ser encontrado, também, na crosta terrestre em rochas e no solo, porém em concentrações muito baixas de cerca de 0,1 a 2 ppm (BARBALACE, 1995).

A resolução Brasileira, CONAMA 430/2011, refere-se do lançamento de efluentes de qual seja a fonte poluidora até o corpo receptor, dispoendo como padrão para o selênio a concentração máxima de 0,30 mg/L.

Além dos demais benefícios, a bioissorção (Figura 1) é bastante utilizada já que apresenta fácil regeneração do bioissorvente o que aumenta seu ciclo de uso e proporciona uma maior economia de recursos. A adsorção consistindo em um processo de aderência de moléculas fluidas em uma superfície sólida podendo sofrer influências de pressão, temperatura e área de superfície (LIMA, 2013; KHAKPOUR et al., 2014).

Figura 1- Vantagens do uso da bioissorção

Recursos	Bioissorção	Bioacumulação
Custo	Usualmente baixo. A maioria dos bioissorventes usados são resíduos industriais, agrícolas ou microrganismos. O custo envolve principalmente transporte e algum custo de processo	Usualmente alta. O processo envolve células vivas e; portanto está propenso a um custo de manutenção de células
pH	A solução de pH influencia fortemente na capacidade de absorção de biomassa. No entanto, o processo pode ser operado sobre um amplo alcance de condições de pH	Em adição à absorção, as células vivas são fortemente afetadas sobre condições extremas de pH
Temperatura	Já que a biomassa é inativa, temperatura não influencia o processo. De fato, várias investigações reportaram uma melhora na absorção com o aumento de temperatura	Temperatura afeta severamente o processo
Manutenção/Armazenamento	Fácil de guardar e usar	Energia metabólica externa é necessária para manutenção da cultura
Seletividade	Pobre. No entanto, seletividade pode ser melhorada pela modificação/processamento de biomassa	Melhor que bioissorção
Versatilidade	Razoavelmente boa. A ligação de sítios pode acomodar uma variedade de íons	Não muito flexível. Propenso a ser afetado por altas condições de metal/sal
Nível de absorção	Muito alta. Algumas biomassas são reportadas por acomodar um amontoado de tóxicos quase tão alto quanto o seu peso seco	Porque células vivas são sensíveis à alta concentração de tóxicos, absorção é usualmente baixa
Taxa de absorção	Usualmente rápido. A maioria dos mecanismos de bioissorção são rápidos	Usualmente mais baixa que a bioissorção. Já que a acumulação intracelular é consumidora de tempo
Afinidade tóxica	Altas condições desfavoráveis	Depende da toxicidade do poluente
Regeneração e reutilização	Alta possibilidade de regeneração de bioissorventes, com possível reuso em alto número de ciclos	Já que a maioria dos tóxicos são acumuladores intracelulares, as chances são bem limitadas
Recuperação de tóxicos	Com seleção apropriada de diluição, recuperação de tóxicos é possível. Em várias ocasiões, soluções ácidas ou alcalinas provaram uma média eficiente para recuperação de tóxicos	Mesmo se possível, a biomassa não pode ser utilizada para o próximo ciclo

Fonte: (Gonçalves e Torem, 2012).

A bioissorção realizada com resíduos vegetais têm despertado interesse na área ambiental, como o uso do bagaço de cana de açúcar (ALBERTINI et al., 2007; FERREIRA et al., 2015), cascas de banana (ANNADURAI et al., 2004; CRUZ, 2009; SILVA et al., 2014; PANIAGUA, 2015) e pseudocaule de bananeira (SATHASIVAM e HARIS, 2010; LIMA, 2013). Dentre eles, apenas Paniagua (2015) avaliou a bioissorção de selênio.

Em concordância com Lima (2013), na produção mundial de bananas de 95 milhões de toneladas/ano, são produzidos aproximadamente 60 milhões de toneladas/ano de pseudocaulos *in natura*, esse material consiste em um conjunto de folhas agrupadas, onde cerca de 70% da sua composição é formada por celulose, lignina e hemicelulose,

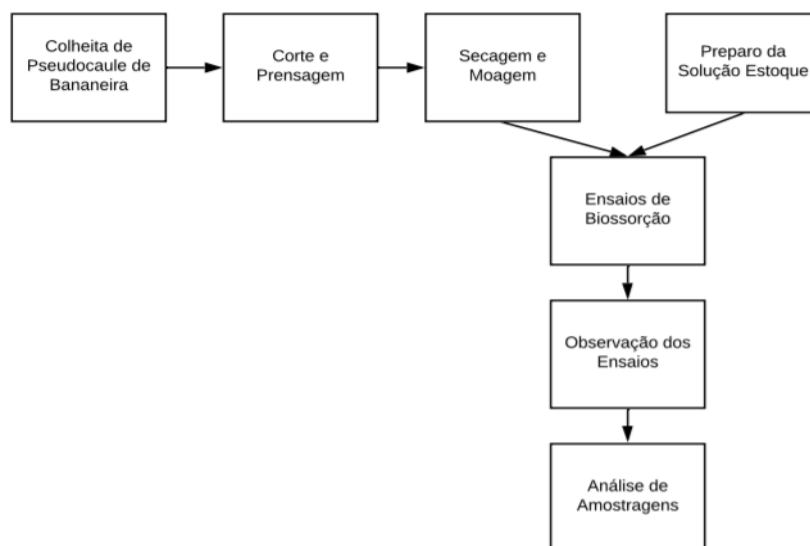
que possuem sítios adsorptivos, que viabilizam a bioissorção (BILBA et al., 2007 *apud* LIMA, 2013).

O presente trabalho propôs verificar a eficiência de bioissorção de selênio por farelo de pseudocaule de bananeira, um bioissorvente de fácil aquisição e, normalmente, de forma gratuita, nas regiões produtoras de bananas.

2 METODOLOGIA

Foram realizados 5 ensaios de bioissorção de selênio por pseudocaule de bananeira conforme representado na Figura 2, todos em triplicata.

Figura 2 – Fluxograma do procedimento utilizado nos ensaios de bioissorção de selênio por pseudocaule de bananeira.



Fonte: Primária (2020)

2.1 BIOSSORVENTE VEGETAL

O bioissorvente vegetal utilizado, foi o farelo de pseudocaule de bananeira. A coleta foi realizada na região de Joinville em Santa Catarina e após a colheita, o material foi cortado verticalmente e separado em camadas de bainha foliar em um comprimento de 10 cm e largura de 3 cm.

Os fragmentos passaram pelo processo de prensagem em uma em prensa de rolos (HIDRO INDUSTRIAL[®]), sendo o líquido proveniente no processo, descartado. As bainhas foram conduzidas a etapa da secagem, em estufa (QUIMIS[®]) a uma temperatura de 70°C durante 48h. Posteriormente o material foi moído com o auxílio de um moinho de facas (MAQMONT) sob uma rotação de 1750 rpm até atingir 0,595 mm.

2.2 SOLUÇÃO ESTOQUE

A solução estoque foi preparada utilizando Selenito de sódio puro (Na_2SeO_3), a uma concentração de 1000mg dissolvido em 1L de água deionizada. A concentração de selênio planejada para os ensaios de bioabsorção no meio reacional foi de 30 mg/L, conforme mostrado na Tabela 1.

2.3 ENSAIOS DE BIOSSORÇÃO

Foram realizados 5 ensaios de bioabsorção todos em triplicata, com diferentes concentrações de bioabsorvente vegetal, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Concentração inicial de selênio (Se_0) e de bioabsorvente (farelo de pseudocaule de bananeira) utilizados nos ensaios de bioabsorção.

Ensaio	Se_0 (mg/L)	Bioabsorvente (g/L)	pH inicial	Temperatura (°C)
A	30	2	4,5	30
B	30	5	4,5	30
C	30	10	4,5	30
D	30	25	4,5	30
E	30	50	4,5	30

Fonte: Primária(2020)

Os ensaios foram conduzidos em frascos Erlenmeyer de 500 mL contendo 200 mL de mistura reacional, sob agitação constante de 120 min^{-1} em agitador orbital (CERTOMAT – U) sob temperatura de 30 °C e tempo de reação de 24h. Após o preparo do meio reacional, o pH foi ajustado para 4,5 com ácido clorídrico 1 M antes dos ensaios serem organizados em agitador para reação.

2.4 AMOSTRAGEM E DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE BIOSSORÇÃO

A partir dos ensaios foram coletadas amostras no início do ensaio, antes da adição do bioabsorvente vegetal (t_0) e em t_f , após 48h de contato. As amostras foram filtradas à vácuo, utilizando filtro (FISATOM, Mod. 820, 230 V) e papel filtro (QUANTY®, poros de 28 μm) e encaminhadas para análise pela empresa Incasa S.A, situada na região de Joinville, SC, onde as análises foram realizadas por cromatografia utilizando espectrofotômetro de absorção atômica (VARRIAN AA220), por meio de análise de Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma (ICP).

Os valores de eficiência de bioissorção, relativas a cada um dos ensaios de bioissorção de selênio realizados, foram estimadas de acordo com a Equações 1:

$$R = \frac{Se_0 - Se_f}{Se_0} \times 100 \quad (1)$$

Onde, R representa a eficiência da bioissorção de selênio (%), Se_0 é a concentração inicial do selênio no meio reacional (mg/L), Se_f é a concentração final do selênio no meio reacional (mg/L).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de Selênio no início e no final de cada ensaio de bioissorção realizados são mostrados nas Tabelas 2.

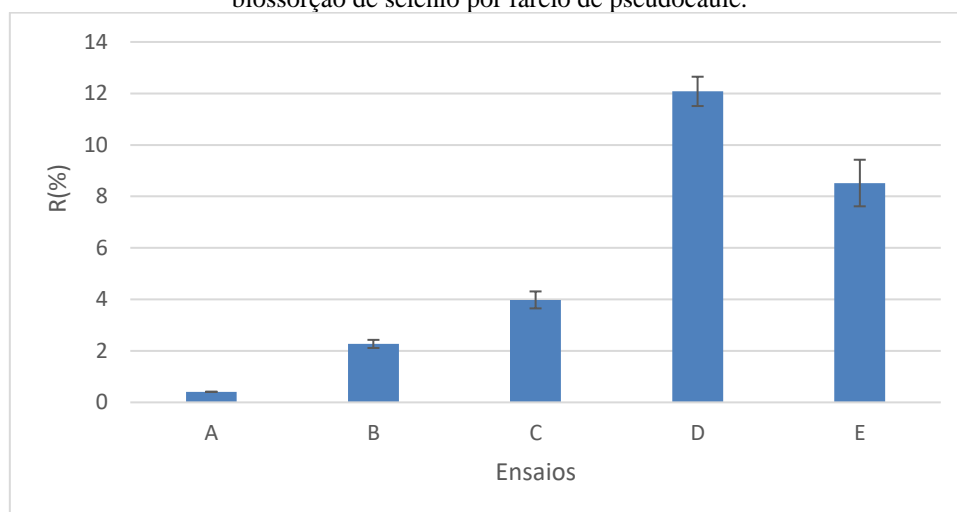
Tabela 2 – Valores médios de concentração de selênio no início (Se_0) e no final (Se_f) dos ensaios de bioissorção por bioissorvente vegetal, conduzidos a 30 °C e pH 4,5.

Ensaio de Bioissorção		A	B	C	D	E
Se (mg/L)	Se_0	26,89	25,62	26,64	26,43	26,74
	Se_f	26,78	25,05	25,62	23,58	24,64

Conforme pode ser observado na Tabela 2, muito pouco da concentração inicial de selênio foi reduzida após 24 h de contato bioissorvente/sorvato. Apenas nos ensaios com maior concentração de farelo de pseudocaule (Ensaio D e E) foi possível observar uma redução significativa ($p < 0,05$) em Se. Contudo, a capacidade do bioissorvente (Y) em remover Se(IV) foi de apenas 0,1 mg/g ao utilizar 25 g/L de farelo (Ensaio D) e de aproximadamente 0,05 mg/g para 50 g/L (Ensaio E). Era esperado valores de Y próximos daqueles alcançados por Sathiresan e Haris (2010), ao empregar 20 g/L de pseudocaule para a remoção de 10 mg/L de Cd(II) ($Y = 0,46$ mg/g), Cu(II) ($Y = 0,48$ mg/g), Fe(II) ($Y = 0,65$ mg/g) e Zn(II) ($Y = 0,41$ mg/g). Em concentrações menores de adsorvente (1, 2, 4 e 10 g/L) e mesmas concentrações de sorvatos (10 mg/L) os autores observaram Y da ordem de 8,9 mg/g, 4,4 mg/g, 2,4 mg/g e 1,2 mg/g, respectivamente. Este comportamento não foi observado neste trabalho ao utilizar menores concentrações do farelo (Ensaio A: 2 g/L, Ensaio B: 5 g/L, Ensaio C: 10 g/L).

Os valores de eficiência de bioissorção de selênio específicos a cada um dos ensaios apresentados na Tabela 2 podem ser vistos na Figura 3.

Figura 3 – Valores médios de eficiência da remoção (R) com desvio padrão obtidos nos ensaios de bioissorção de selênio por farelo de pseudocaule.



Fonte: Primária (2020)

Conforme pode ser observado na Tabela 2, o ensaio D com 25 g/L de bioissorvente apresentou maior eficiência na remoção de Se(IV). Seu valor ($R = 12,1 \%$), 42% maior do que o obtido no ensaio E onde foi usado o dobro do material, sugere que no caso do ensaio E o bioissorvente já está em excesso.

Os experimentos de bioissorção de selênio por farelo de pseudocaule de bananeira aqui avaliados (Tabela 1) deverão ser repetidos com valores diferentes de pH visando aumentar a sua capacidade de bioissorção. Segundo Pino e Torem (2011), dependendo das propriedades químicas e concentração do sorvato o pH pode ter forte influência no rendimento do processo e na capacidade do bioissorvente.

Novas formas de uso do pseudocaule na bioissorção do selênio podem ser avaliadas, como por exemplo, utilizando o material *in natura*, sem secagem prévia, ou submetendo à tratamento térmico imerso em água no seu ponto de ebulição por uma hora, conforme proposta por Casqueira e Lima (2016) na remoção de Cr(III) em pH 6,5.

Lima (2013), fez a utilização de pseudocaule de bananeira *in natura* e seco em estufa, bem como, realizou o preparo do pseudocaule tratado, que foi colocado em água até ponto de ebulição por uma hora e em seguida deixado em estufa, semelhantemente a amostra *in natura*, com valores de massa de bioissorvente variando de 100 a 300 mg e a concentração inicial de Cr(III) de 0,5 a 100 mg.L⁻¹. O autor indicou o pseudocaule de bananeira tratado com água aquecida como o de maior eficiência para a redução do sorvato.

A partir deste trabalho foram planejados novos ensaios de bioissorção de selênio utilizando pseudocaule de bananeira *in natura* e pré-tratado com água em ponto de

ebulição por uma hora com valores fixos de Se_0 (30 mg/L). Esse ensaios estão em desenvolvimento.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho mostrou que o pseudocaule de bananeira, um resíduo agroindustrial que pode ser coletado de forma gratuita em plantações de bananas, tem potencial para uso como bioissorvente de selênio. Contudo, devido à baixa capacidade de bioissorção de $Se(IV)$ ($Y = 0,1$ mg/g) observada recomenda-se a realização de novos ensaios com diferentes valores de pH e diferentes pré-tratamentos do material em substituição ao estado de farelo aqui utilizado.

Não foi possível reduzir a concentração de Se no meio tratado para valores menores do que aquelas exigidas pela resolução CONAMA 430/2011 (0,30 mg/L) para descarte de efluentes em corpos hídricos receptores.

REFERÊNCIAS

ALBERTINI, S; CARMO, L.F. do.; FILHO, L. G. - Utilização de serragem e bagaço de cana-de-açúcar para adsorção de cádmio. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.27. n. 1. p.113-118, 2007.

ANNADURAI, G.; JUANG, R.S.; LEE, D.J. Adsorption of heavy metals from water using banana and orange peels. **Water Science and Technology**, v.47, p. 185-190, 2004.

BARBALACE, Kenneth. **Periodic Table of Elements - Selenium** - Se. EnvironmentalChemistry.com. 1995 - 2020. Disponível em <<https://EnvironmentalChemistry.com/yogi/periodic/Se.html>> Acesso em 14 de jul de 2020.

BILBA, K.; ARSENE, A. M.; OUENSANGA, A. Study of banana and coconut fibers: Botanical composition, thermal degradation and textural observation. **Bioresource Technology**, v 98. p 58-68. 2007.

CASQUEIRA, Rui de Góes; LIMA, Aldavilma Cardoso. **Avaliação da remoção de Cr(III) empregando o pseudocaule da bananeira (*Musa paradisiaca*) como bioissorvente.** ENGEVISTA, v. 18, n. 1, p.174-188. 2016.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente/Ministério do Meio Ambiente, Brasil. **Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011.** Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em 14 jul de 2020.

CRUZ, M. A R. da. **Utilização da casca de banana como bioissorvente.** 2009. 74 f. Dissertação – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

FERREIRA, P.P.L.; BRAGA, R.M.; TEODORO, N.M.A.; MELO, V.R.M.; MELO, D.M.A.; MELO, M.A.F. **Adsorção de Cu²⁺ e Cr³⁺ em efluentes líquidos utilizando a cinza do bagaço de cana-de-açúcar.** Cerâmica, v. 61, p. 435-441, 2015.

GONÇALVES, F. de M.; TOREM, M. L. **TRATAMENTO DE EFLUENTES DAS INDUSTRIAS EXTRATIVISTAS POR UM SISTEMA COMBINADO: BIOSSORÇÃO / BIOFLOTAÇÃO UTILIZANDO A CEPA HIDROFÓBICA *Rhodococcus Ruber*.** Departamento de Engenharia de Metalurgia e Materiais. Pontifícia Universidade Católica do Rio De Janeiro. Relatório 2012.

KHAKPOUR, H., YOUNESI, H., MOHAMMADHOSSEINI, H., Two-stage biosorption of selenium from aqueous solution using dried biomass of the baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 2, p. 532-542, 2014.

LIMA, Aldavilma Cardoso. **AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE Cr(III) EMPREGANDO O PSEUDOCAULE DA BANANEIRA (*MUSA PARADISIACA*) COMO BIOSSORVENTE.** 2013. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Ufrj, Seropédica, 2013.

PANIAGUA, C.E.S. **O uso da farinha da casca de banana in natura e quimicamente modificada com tiosemicarbazida na adsorção de arsênio, antimônio e selênio.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Uberlândia, 2015.

PINO, G. A. H.; TOREM, M. L. Aspectos fundamentais da biossorção de metais não ferrosos – estudo de caso. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração.** São Paulo, v. 8, n. 1, p. 57-63, 2011.

RIZZO, Andréa Camardella de Lima, et al. **Processos Biológicos de Remoção de Selênio de Efluentes.** – Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007 :it. 52p. (Série Tecnologia Ambiental, 42).

SATHASIVAM, K.; HARIS, M.R.H.M. **Banana trunk fibers as an efficient biosorbent for the removal of Cd(II), Cu(II), Fe(II) and Zn(II) from aqueous solution.** Journal of the Chilean Chemical Society, v. 55, n.2, p. 278-282, 2010.

SILVA, Elaine Lima; BARP, Ediana. **Química geral e inorgânica** princípios básicos, estudo da matéria e estequiometria. São Paulo Erica 2014.

SILVA, G. C. F. da; GONÇALVES, G.A.S; PASCHOAL, C.J.F.; NASCIMENTO, S.L.S; PEREIRA, C.S.S. **Estudo do ponto de carga zero e análise por espectroscopia de infravermelho do pó da casca de banana (*Musa ssp.*) com potencial bioadsorvente de compostos contidos na gasolina.** Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. 2019. Uberlândia/MG.