



## **CARVÕES ATIVADOS DE ESPÉCIES VEGETAIS E O COMPORTAMENTO FITORREMEIADOR: UMA REVISÃO**

Mayk Henrique Gomes de Oliveira<sup>1</sup>, Universidade Federal do Semi-árido, RN  
Saara Lúcia Costa Lima<sup>2</sup>, 13<sup>a</sup> Diretoria Regional de Educação e Cultura, RN

### **GT 2 - CIÊNCIAS DA NATUREZA E TECNOLOGIAS**

**RESUMO:** Com o aumento de resíduos, as indústrias têm encontrado muitos desafios para que atendam as leis ambientais. Essas indústrias precisam tratar os resíduos antes do descarte. Esses tratamentos ocorrem através da separação de misturas. Dentre elas, podemos destacar a adsorção. Um ótimo adsorvente para essa técnica é o carvão ativado. A fitorremediação tem o mesmo objetivo, ela acontece de forma espontânea, espécies vegetais filtram efluentes e solos contaminados. Com isso, este trabalho realizou um estudo bibliográfico sobre a relação destas suas técnicas e seus resultados semelhantes. Foram identificados 12 artigos publicados entre 2013-2023 sobre os temas. Nesses, foram observados que quando o carvão ativado era produzido de uma espécie vegetal com boa propriedade fitorremediadora, os resultados eram mais eficientes quando comparado a outros carvões produzidos a partir de espécies vegetais que não tinham nenhuma propriedade fitorremediadora. Mesmo assim, essa área ainda apresenta escassez de estudos, sendo necessário um maior aprofundamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adsorção, Fitorremediação, Carvão ativado.

### **1 INTRODUÇÃO**

Diversas modalidades de indústrias geram toneladas de resíduos em seus processos de produção, como corantes, fármacos, soluções metálicas e compostos orgânicos, que se descartados de forma errada podem contaminar efluentes e solos. Para reduzir os impactos desses resíduos no meio ambiente muitos processos de separação de misturas são utilizados. Quando escolhido de forma categórica, esses métodos de separação apresentam resultados satisfatórios.

Muitos desses métodos de separação de misturas como a cromatografia, destilação, decantação e filtração ainda passam por aprimoramentos e aperfeiçoamentos antes de serem aplicados de forma extensiva e eficiente. Nesse sentido, estudos aprofundados, produção científica e um bom acervo bibliográfico são de grande importância para que essas tecnologias sejam desenvolvidas e estejam cada vez mais acessíveis e competentes.

<sup>1</sup> mayk.henrik@hotmail.com – Mestrando em Ciência e Engenharia de Materiais-PPGCEM

<sup>2</sup> lidialimma@hotmail.com – Professora da SEEC-RN

Um dessas técnicas é a adsorção, que se sobressai aos demais processos devido à sua simplicidade de aplicação, alta eficácia e baixo custo, sendo o último ponto dependente do material escolhido como adsorvente. O processo consiste na impregnação do material adsorvido nos microporos do adsorvente através do contato dos dois em estados sólido (adsorvente) e líquido ou gás (adsorvido) e acontece de forma natural (SANTOS, 2017).

Os principais adsorventes comerciais são: o carvão ativo (CA), aluminas, argilas, resinas orgânicas e adsorventes silicosos, todos esses apresentam eficiência adequada para cada tipo de matéria que pretende-se adsorver. (BATISTA e SILVA, 2017).

Dentre esses, o carvão ativado, que é produzido a partir de resíduos madeireiros, sub-produtos orgânicos e materiais carbonáceos, recebe grande destaque nas suas variáveis aplicações. Grande parte desses carvões são oriundos de partes do vegetal, como galhos, troncos e pó de madeira que passam pelo processo de carbonização. Esse material então recebe tratamentos específicos, químicos ou térmicos para ativá-lo e aumentar consideravelmente sua área superficial através da formação de microporos (WERLANG, *et al*, 2013).

Outro processo que discorre sobre a separação de misturas é a fitorremediação. Esse processo ocorre em espécies vegetais de forma natural, ou seja, a planta por si só absorve o material sem interferência humana. Nem todas as espécies vegetais são capazes de realizar a fitorremediação, algumas apresentam um rendimento considerável e outras, pequenos traços. O processo consiste na descontaminação de solos ou ambientes aquáticos, removendo, imobilizando ou tornando os contaminantes menos ofensivos ao ecossistema (RODRIGUES e ORLANDELLI, 2018).

No semiárido se destacam nos processos fitorremediadores Jureminha (*Desmanthus virgatus* (L.)) e a Algaroba (*Prosopis juliflora* W), que de acordo com ALVES, *et.al.*, (2008), apresentam ótimos resultados nos quesitos de filtração de ambientes aquáticos, retirando deles agentes contaminantes como chumbo (Pb) e corantes (Azul de metileno e crystal violeta).

A relação entre esses dois processos pode desencadear uma série de estudos, favorecendo assim uma melhor escolha de material carbonáceo através da comprovada ação fitorremediadora da espécie vegetal.

Com isso, o presente trabalho teve como objetivo o levantamento bibliográfico das relações do comportamento adsorativo dos carvões ativados produzidos a partir de espécies vegetais do semiárido com a capacidade fitorremediadora dessas espécies. Para isso foram

estudados artigos científicos da área que foram publicados em revista e periódicos internacionais e nacionais entre os anos de 2013 a 2023.

## 2 METODOLOGIA

Para que os objetivos deste estudo fossem alcançados, a seguinte metodologia foi usada:

- Foram pesquisados artigos e anais de congressos que abordassem as temáticas de adsorção com adsorventes vegetais e a fitorremediação de espécies vegetais em comum;
- Foi delimitado o intervalo de publicação de 2013 aos dias atuais;
- Foram usadas as plataformas: Google Acadêmico, *Scielo* e periódicos CAPES;
- Não houve seleção de línguas em que ocorreram a publicação.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Preocupações ambientais e desenvolvimento de tecnologias

Existe uma crescente preocupação humanitária com diversas questões ambientais, visto que as mudanças climáticas e a piora na qualidade de recursos naturais essenciais são cada dia mais perceptíveis, atingindo a população geral de maneira negativa, afetando a saúde e bem estar das pessoas, aumentando gastos com tratamento dos solos para plantios e, principalmente, o tratamento de água para o consumo de reservatórios e efluentes contaminados (ELIODÓRIO, 2018 e FERREIRA, SILVINO, SILVA, 2021).

Essa contaminação é causada pelo descarte incorreto de diversos contaminantes. Em efluentes os principais são compostos orgânicos como solventes e corantes artificiais e metais pesados como mercúrio (Hg), cobre (Cu), níquel (Ni), chumbo (Pb), cromo (Cr) entres outros (ELIODÓRIO, 2018).

O uso de novas tecnologias para auxiliar no combate à poluição de efluentes vem crescendo a cada ano. A criação de filtros, o uso de osmose reversa e a aplicação de bioadsorventes são as principais delas. Podemos destacar entre essas, os materiais adsorventes, que conseguem de forma bem eficiente retirar contaminantes da água. Dentre os materiais com capacidades absorventes, surge o carvão ativado, que atualmente é um dos mais explorados e estudados dos agentes adsorventes (AMBRÓSIO, *et al*, 2021).

### Tecnologia do carvão ativado

O carvão ativado pode ser produzido, teoricamente, de qualquer material carbonáceo que tem o carbono com principal constituinte (JUAN e KE-QIANG, 2009).

Porém, algumas propriedades devem ser observadas na escolha da matéria prima, são elas: elevado teor de carbono fixo e baixo teor de minerais.

Para que o carvão adquira propriedades absorventes e possa ser utilizado como material removedor de poluição hídrica, deve-se submetê-lo a um processo chamado de ativação. O processo de ativação tem como objetivo aumentar a capacidade de adsorção do material através do aumento significativo de sua superfície que pode ser controlado com adição de ácido (ativação química) ou com o uso de temperaturas elevadas (ativação física), as duas tem por fim o aumento de microporos que se formam ao longo do material, esses são os locais onde o componente adsorvido se fixa (BATISTA e SILVA, 2017).

Podemos ativar um carvão de duas maneiras, de forma química com uso de ácidos (ácido sulfúrico -  $H_2SO_4$ ; ácido nítrico –  $HNO_3$ ) em concentrações específicas, e de forma física, utilizando temperaturas de  $800^\circ C$  a  $1000^\circ C$ . As duas maneiras buscam aumentar a superfície porosa do material, deixando-o mais suscetível a adsorção na fase líquida (FERREIRA, 2019).

### **Propriedade de adsorção do carvão ativado**

A adsorção é a principal característica explorada do carvão ativado e apresenta vantagens importantes quando falamos em tratamento de efluentes, dentre elas podemos citar: a baixa geração de resíduos, eficiência na remoção de substâncias, fácil operacionalidade, recuperação de metais adsorvidos no processo e a possível reutilização do material adsorvente (FERREIRA, 2019). Por possuir a característica de remover compostos variados em águas contaminadas abrangeu a procura e o interesse por esse produto (ODUBIYI, AWOYALE e ELOKA-EBOKA, 2012).

Em geral, a adsorção é definida como o enriquecimento de moléculas, átomos ou íons na vizinhança de uma interface. No caso de sistemas gás/sólido, a adsorção ocorre nas proximidades da superfície sólida e fora da estrutura sólida. O material no estado adsorvido é conhecido como adsorbato, enquanto o adsorvente é mesmo componente na fase fluida. O espaço de adsorção é o espaço ocupado pelo adsorbato. A adsorção pode ser física (fissorção) ou química (quimissorção) (THOMMES, *et al*, 2015). A fissorção é um fenômeno geral ocorre sempre que um gás adsorvível é posto em contato com superfície de um sólido. As forças intermoleculares envolvidas são do mesmo tipo que as responsáveis pela imperfeição dos gases reais e pela condensação de vapores (TEXEIRA, *et al*, 2021). Além das forças atrativas de dispersão e as forças repulsivas de curto alcance, interações moleculares específicas (polarização, dipolo de campo, gradiente de campo quadrupolo) geralmente ocorrem como resultado de propriedades geométricas e

eletrônicas particulares do adsorvente e adsorvido. Na quimissorção as forças intermoleculares envolvidas levam a formação de ligações químicas (HEYMANN, et al, 2020). De acordo com todas essas propriedades e características, são limitadas as matérias primas que se enquadram para a produção de um CA de boa qualidade adsorvida.

No processo de adsorção, o carvão ativado tem sido amplamente reconhecido como um adsorvente eficaz para a remoção de vários poluentes contaminados na água. No entanto, o uso industrial de carvão ativado é limitado devido aos custos do processo de fabricação e regeneração. Para reduzir os custos de produção e operação, tem havido tentativas de desenvolver adsorventes de baixo custo derivados diretamente de resíduos industriais e agrícolas, neste últimos podemos destacar os resíduos de madeira provenientes da poda e ações da agropecuária (NUITHITIKUL, PHROMRAK e SAENNGOEN, 2020).

### **Matérias-primas para obtenção de carvão ativado**

Dentre as matérias-primas de maior interesse para a obtenção de CA estão os produtos madeiros ou de origem vegetal, em geral, materiais com alta concentração de celulose, hemicelulose e lignina, todas essas colaboraram para um carvão de maior eficiência, pois apresentam grandes cadeias carbônicas e quase nenhum heteroátomo (BORGES, *et al*, 2016).

Dentre esses produtos podemos destacar: madeiras provenientes de podas, vegetais, cascas de coco, bagaço de cana-de-açúcar, sementes de frutas e muitos outros que apresentam o carbono com principal componente químico. Como Oliveira, Silva e Araújo (2021) que mostraram o potencial adsorvido do carvão ativado feito a partir das cascas de côco e apresentou um ótimo percentual de adsorção para corantes em fase líquida na indústria têxtil. Já os resultados de WERLANG *et al*, (2013), apresentaram ótimos rendimentos para metais pesados quando usou o carvão ativado do bagaço de cana-de-açúcar.

Assim os materiais vegetais apresentam ótimas propriedades para produção de carvão (BOUCHELTA *et al.*, 2008). Mesmo assim, com intuito de filtrar a qualidade desses materiais para a produção de CA, outras propriedades são estudadas e analisadas como pré-requisito, destacamos assim a fitorremediação.

### **Processo de fitorremediação**

A fitorremediação é uma alternativa ambientalmente aceita para a despoluição do solo e água contaminados com compostos orgânicos e inorgânicos. Em razão disto, é crescente o número de pesquisas envolvendo a fitorremediação. Todavia, tais estudos são

ainda incipientes e requerem muitas experimentações sob condições edafoclimáticas tropicais, para identificação de espécies capazes de atuar em programas de fitorremediação, à semelhança do que já é realizado na Europa, EUA, Nova Zelândia e Austrália (PIRES *et. al.* 2009).

Alves, *et al.*, (2018), observou que a algaroba (*Prosopis juliflora* W) consegue através das suas raízes absorver contaminantes em meio aquoso, localizada próximo a rios e lagoas. Dentre esses contaminantes estão Ferro (Fe), Cobre (Cu), Mercúrio (Hg) e principalmente Chumbo (Pb). Já Sousa e Oliveira (2020) estudaram a ação de fitorremediação do feijão de porco em solos contaminados com resíduos de siderúrgicas, e obtiveram resultados satisfatórios, comprovando que o plantio dessa cultura pode diminuir a concentração de sais e metais no solo.

Esses resultados dão respaldo a essa tecnologia, geram grandes perspectivas sobre estudos futuros e agregam conhecimentos a regiões que sofrem com contaminação de efluentes e solos.

### **Relação entre adsorção e fitorremediação**

Esse processo ainda apresenta grandes incógnitas, que precisam ser estudadas e detalhadas por estudos futuros, isso por que, apresentaria uma vasta área de aplicação ambiental, social e econômica no mundo.

De acordo com os trabalhos de BARTMEYER, OLIVEIRA e COELHO (2019), essa relação é observada através de dados comparativos, onde uma espécie vegetal que foi estudada e comprovada a fitorremediação dela sobre um contaminante pode levar a produção de carvão ativado com o mesmo material e obter também resultados positivos para a adsorção.

Assim, a relação entre a atividade fitorremediadora da espécie vegetal com a ação adsorviva do carvão ativado da mesma espécie podem ajudar de forma significativa na escolha de matéria prima para a produção de carvões ativados cada vez mais eficientes. O Brasil por sua vez, possui uma imensa diversidade de recursos vegetais que podem suprir a necessidade de matéria prima para produção de carvão ativado, como a vegetação da caatinga com clima semiárido.

### **Artigos relevantes**

Foram encontrados 12 artigos científicos que apresentam relações entre adsorção e fitorremediação das mesmas espécies vegetais.

**Tabela 1:** Relação dos trabalhos analisados e suas características e informações.

<b>AUTOR</b>	<b>ESPÉCIE VEGETAL</b>	<b>FITORREMEDIAÇÃO E ADSORÇÃO</b>
ALVES, <i>et al</i> , 2018.  BORGES, <i>et al</i> , 2016.	<i>Prosopis juliflora</i> (ALGAROBA)	Sua atividade fitorremediadora é comprovada mediante a presença de Pb e Cu, já o carvão ativado produzido a partir do seu tronco, possui ótima atividade adsorvente para corantes.
MÓDENES, A. N. <i>et al</i> , 2013.	<i>Copernicia cerifera</i> (CARNAÚBA)	Possui uma ótima atividade fitorremediadora para metais e compostos orgânicos, porém, existem poucos estudo sobre a produção do seu carvão ativado.
BARBOSA, <i>et al</i> , 2014.	<i>Eichhornia crassipes</i> (ÁGUAPÉ)	Apresenta ótima atividade fitorremediadora e seu carvão ativado possui alta adsorção sobre compostos orgânicos (Fenólicos).
ARSENIO, <i>et al</i> , 2018.  NOGUEIRA, 2014.	<i>Moringa oifera L.</i>	Sua atividade fitorremediadora é comprovada para Fe e solos hipersalinos, além disso, seu carvão ativado tem ótima adsorção para vários corantes.
WERLANG, <i>et al</i> , 2013.	<i>Zea mays</i> (MILHO)	Possui ótima atividade fitorremediadora em solos contaminados com corantes e o carvão ativado produzido a partir do seu bagaço consegue ótimos resultados para compostos fenólicos e herbicidas.
ALVES, <i>et al</i> , 2018.  BORGES, <i>et al</i> , 2016.	<i>Desmanthus virgatus</i> (JUREMINHA)	É comprovada a atividade fitorremediadora para metais como Pb e Hg, já o seu carvão ativado de seu troncos possui uma ótima cinética de adsorção quando comparada a outros carvões como o de Bamboo.
ALVES, <i>et al</i> , 2018.	<i>Chrysopogon zizanioides</i>	Possui ótima atividade fitorremediadora para o Pb, possui raízes superporosas, o que facilita a ocorrência desta

NUITHITIKUL, <i>et al</i> , 2020.	(VETIVER)	atividade. O seu carvão ativado já é aplicado na adsorção de solventes orgânicos e metais pesados como Hg.
HEYLMANN, <i>et al</i> , 2021	<i>Prunus persica</i> (PÊSSEGO)	O carvão ativado produzido a partir das suas sementes apresentam ótima adsorção. Sua atividade fitorremediadora ainda é pouco estudada.

FONTE: Adaptado pelo Autor (2023).

Podemos observar que nos trabalhos que abordaram a fitorremediação da espécie vegetal, apresentaram resultados satisfatórios para metais pesados e com a mesmas espécies foram produzidos carvões ativados, e para esses, também foram obtidos ótimos resultados de adsorção de metais pesados e corantes.

Outros adsorvatos, como fenóis e herbicidas, são encontrados nos resultados destes trabalhos. Muitas espécies vegetais acabam que possuem uma comprovada ação fitorremediadora, mas seus respectivos carvões ativados ainda não foram estudados, levantando assim muitas áreas de pesquisas afins de encontrar novos adsorventes e fins adequados a esses resíduos.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por tanto, a revisão bibliográfica sobre a produção de carvão ativado a partir do comportamento fitorremediador da espécie vegetal original, mostrou que existe uma relação entre os dois conteúdos. Mostrando que, quando o carvão ativado era produzido a partir de madeira de uma espécie vegetal que apresenta uma boa propriedade fitorremediadora, a adsorção ocorria de forma mais eficiente quando comparado a outros carvões que eram produzidos a partir de espécies vegetais que não tinham nenhuma propriedade fitorremediadora.

Além disso, foi observado que existem poucos trabalhos publicados neste ramo, que relacionam a fitorremediação com adsorção, dando assim a necessidade de se estudar em tema mais afundo, pois apresenta uma vasta área de aplicação.

#### REFERÊNCIAS

ALVES, J.C.; SOUZA, A.P.; PÔRTO, M.L.; ARRUDA, J.A.; TOMPSON JÚNIOR, U.A.; SILVA, G.B.; ARAÚJO, R.C.; SANTOS, D. Absorção e distribuição de chumbo em plantas



de vetiver, jureminha e algaroba. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Vol.42, Pág.: 1329-1336. 2018.

BARBOSA, C.S.; SANTANA, S.A.A.; BEZERRA, C.W.B.; SILVA, H.A.S. Remoção de compostos fenólicos de soluções aquosas utilizando carvão ativado preparado a partir do aguapé (*eichhornia crassipes*): estudo cinético e de equilíbrio termodinâmico. **Química nova**. Vol.37 nº3. pág.: 447-453, 2014.

BARTMEYER, B.C.; OLIVEIRA, L.H.S.; COELHO, L.H.G. Comparison of the retention of cadmium and lead in plant tissues of aquatic macrophytes water hyacinth (*eichhorniasp.*) and cattail (*typhasp.*) by biosorption and phytoremediation. **HOLOS Environment**. Vol. 19, nº 1, pág.: 145-159. 2019.

BATISTA, A.S.S.; SILVA, W.M.. **Diferentes tipos de adsorventes empregados na remoção de nitratos em águas: uma revisão**. Anais III WIASB... Campina Grande: Realize Editora, 2017. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/39015>>. Acesso em: 07/05/2023.

BORGES, W. M. S.; ARANTES, A. C. C.; CASTRO, G. M. M.; BIANCHI, M. L.; NOBRE, J. R. C.; RESENDE, E. C.; CASTRO, J. P.; GUERREIRO, M. C. Produção, caracterização e avaliação da capacidade adsorviva de carvões ativado em forma de briquete. **Matéria**, Vol.:21, nº. 4, Pág.:930-942, 2016.

BOUCHELTA, C.; MEDJRAM, M. S.; BERTRAND, O.; BELLAT, J. P. Preparation and characterization of active carbon from date stones by physical activation with steam. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**. Amsterdam, Vol. 82, nº. 1, Pág.: 70-77, 2008.

ELIODÓRIO, K. P. **Avaliação da adsorção de cromo em quitosana submetida a tratamento com líquidos iônicos**. 2018. 178f. Dissertação: Mestrado em Engenharia Química – Centro Universitário da Fundação Educacional Inaciana, São Bernardo do Campo, 2018.

FERREIRA, M.L. Caracterização do bioadsorvente produzido a partir da torta de mamona (*Ricinus communis l.*). **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Programa de pós-Graduação em Ciências Florestais. Macaíba – RN, 74pág., 2019.

FERREIRA, L. A.; SILVINO, M. D.; SILVA, A. P. Gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde: realidade do município de Assu/RN. **Revista Brazilian Journal of Development**, Vol. 7, nº.3, Pág.: 21816 – 21828, 2021. doi:10.34117/bjdv7n3-069.

HEYLMANN, K.K.A.; LOPES, B.V.; AFONSO, T.F.; DEMARCO, C.F.; CADAVAL JUNIOR, T.R.; QUADRO, M.S.; ANDREAZZA, R. Produção, caracterização e aplicação de carvão ativado de caroço de pêssigo no tratamento de efluentes têxtil. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Vol.26, nº.3, Pág.:485-494, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190226>.

JUAN, Y.; KE-QIANG, Q. Preparation of activated carbon by chemical activation under vacuum. **Environmental Science e Technology**, Easton, Vol. 43, nº. 9, Pág.: 3385-3390, 2009.

NUITHITIKUL, K.; PHROMRAK, R.; SAENNGOEN, W. Utilization of chemically treated cashew-nut shell as potential adsorbent for removal of Pb(II) ions from aqueous solution. **SCIENTIFIC REPORTS**. 10, 3343, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60161-9>.

ODUBIYI, O.A.; AWOYALE, A.A.; ELOKA-EBOKA, A.C. Waste water treatment with activated charcoal produced from Cocoa pod husk. **International Journal Environment Bioenergy**, Vol. 4, nº. 3, Pág.: 162-175, 2012.

OLIVEIRA, B.C.; SILVA, G.G.; ARAÚJO, R.G. Obtenção de carvão ativado proveniente do coco verde aplicado no tratamento de efluentes têxteis. **UNISOCIESC**. Joinville – SC, 2021.

PIRES, F. R.; EGREJA FILHO, F. B.; PROCÓPIO, S. O. Inferências sobre mineralogia dos solos, sorção e fitorremediação de herbicidas. In: FERREIRA, A. *et al.* (Orgs.). Tópicos especiais em produção vegetal I. Vitória: Edufes, 2009. p. 391-406.

RODRIGUES, P.T.A; ORLANDELLI, R.C. Plantas como Ferramentas para a Remediação Ambiental: uma Revisão da Literatura. **UNICIÊNCIAS**, Vol.: 22, nº.01, Pág.:38-44. 2018.

SANTOS, L.K. Estudo do processo de adsorção para remoção de cafeína utilizando a argila bentonita. **Trabalho de conclusão de curso**. Universidade Tecnológica do Paraná. Engenharia Química. Ponta Grossa-PR. 43 Pág. 2017.

SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. A Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Universidade Federal de Pernambuco. Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da UFPE, Conservation International do Brasil, **Fundação Biodiversitas**, EMBRAPA Semi-Árido. Brasília, 2003.

SOUSA, A.A.L.; OLIVEIRA, F.K.D. Potencial fitorremediador do “feijão-de-porco” submetido a diferentes concentrações de escória de siderurgia. **HOLOS**. Vol.2, ano: 36, 2020.

TEXEIRA, T.M.; LANDUCI, C.C.; KOGA, R.Y.; RAMOS, F.B.G.C.; VICENTE, J.G.P. Bioadsorção do cromo hexavalente por meio da biomassa da semente de flamboyant. **Engenharia Química**, Vol. 37, nº23, Pág.:1-10, 2021.

THOMMES, M.; KKANEKO, K.; NEIMARK, A.V.; OLIVIER, J.P.; REINOSO, F.R.; ROUQUEROL, J. e SING, K.S.W. Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution. **IUPAC Technical Report**, Vol. 87, nº 10, Pág.: 1051-1069. 2015.

WERLANG, E.B.; SCHNEIDER, R.C.S.; RODRIGUEZ, A.L.; NIEDERSBERG, C. Produção de carvão ativado a partir de resíduo vegetais. **Revista Jovens Pesquisadores**, Vol.: 3, nº.01, Pág.: 154-167. 2013.