



## **ADSORÇÃO DE CORANTE TÊXTIL EM CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO A PARTIR DE RESÍDUO DA AGROINDÚSTRIA**

KEIVISON.A. MONTEIRO<sup>1\*</sup>, WDSOON. C. SANTOS<sup>2</sup>, MYLENA. J.P. BRITO<sup>3</sup>, ALINE A. dos S. SILVA<sup>4</sup>, JOSÉ P. R. FERREIRA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa, Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia, *campus* Vitória da Conquista, Professor do curso Licenciatura em Química

<sup>3</sup>Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos

<sup>4</sup>Universidade Federal de Viçosa, Mestrado no Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Química de Minas Gerais.

<sup>5</sup> Universidade Federal de Viçosa, Graduação em Engenharia Química.

\*e-mail: Keivison.m.almeida@gmail.com

**RESUMO** – Com o crescimento da agroindústria e conseqüentemente da geração de seus resíduos, é necessário a aplicação de técnicas para sua reutilização. O carvão ativado (CA) destaca-se perante as técnicas existentes por apresentar uma área superficial elevada e porosidade altamente desenvolvida, além de grande capacidade de adsorção de moléculas em meio líquido e/ou gasoso. O processo adsorptivo que ocorre entre os CA e as moléculas são determinados pelos grupos funcionais presentes na superfície da matriz e da característica química da molécula a ser imobilizada. O corante Azul de Metileno (AM), é uma das moléculas mais estudadas em processos adsorptivos, por apresentar inúmeras aplicabilidades no mercado industrial, principalmente na indústria têxtil e do seu potencial contaminante no meio ambiente. O presente trabalho teve por objetivo investigar o efeito do pH no processo adsorptivo e a cinética de adsorção do AM no CA sintetizado a partir da casca da tamarindo. Na análise do pH o CA não sofreu influência, escolhendo o pH 7,0 para análises subsequentes e o estudo cinético demonstrou platô adsorptivo em 45 min e ajuste satisfatório aos modelos cinéticos estudados. Perante o exposto, o carvão ativado de casca de tamarindo, apresenta-se como material de alto potencial adsorptivo.

### **INTRODUÇÃO**

A agroindústria é entendida como todo segmento industrial de produtos alimentícios, e as indústrias que beneficiam matéria-prima agropecuária em produtos intermediários para fins alimentares e não alimentares. (Araújo, 2005). Possuindo um grande impacto no produto interno bruto brasileiro, pois este segmento apresenta um crescimento de cerca de 2,5% ao ano mesmo em período de recessão econômica (Costa, 2017).

O aumento exponencial da agroindústria implica na elevação do consumo de insumos e da geração de resíduos. A produção de resíduos

agroindustrial está associada, nas perdas entre produção e consumo e matérias gerados ao longo da cadeia agroindustrial que não possui valor economicamente evidente. Estima-se em média que, entre 20% a 30% da safra de frutas, grãos e hortaliças colhidas no Brasil sejam desperdiçadas e dispostas de forma inadequada (Rosa, 2011).

Os resíduos gerados na atividade agroindustrial como, cascas, caroços, sementes entre outros, são ricos em macro e micronutrientes, sendo assim potencialmente impactantes ao meio ambiente, se não adequadamente tratados, podendo ocasionar problemas de poluição no solo e em águas

superficiais e subterrâneas (Abdek-Raouf, Al-Homaindan e Ibraheem, 2012).

As cascas e caroços, são maiorias nos resíduos sólidos agroindustriais, apresentando em sua composição altos teores de lignina, celulose e hemicelulose. Tais resíduos não possuem nenhum mercado definido para sua comercialização e/ou reutilização, necessitando assim pesquisas voltadas para seu beneficiamento, agregando valor e gerando um subproduto com potencial de comercialização.

Diante disto, estudos veem despontando-se na utilização destes materiais para a produção de: carvão ativado, papel e celulose, painéis, aglomerados, compósitos, adsorventes, além de insumos para a indústria, química, farmacêutica e agrária (Di Bernardo, 2005; Prado, 2010).

O carvão ativado (CA) é um material carbonáceo que possui como característica, área superficial interna elevada e porosidade altamente desenvolvida, de forma a permitir a adsorção de moléculas tanto em fase líquida ou gasosa (Coutinho, Barbieri e Pavani, 2000; Delgado et al. 2012; Ruiz et al. 2010).

Os carvões ativados, para apresentarem as características físico-química adequadas, necessitam além das características do material precursor, o seu processo de ativação. Dentre os processos de ativação dois são aplicados: a ativação física e/ou química. A ativação física consiste em torno da aplicação de altas temperaturas na matéria-prima, que variam entre 700 a 1000 °C e o uso de um agente ativador físico, como vapor d'água ou dióxido de carbono. Já a ativação química, submete a matéria-prima em temperaturas mais brandas, variando entre 400 a 700 °C, em que uma etapa anterior do tratamento térmico, utiliza-se um agente ativador químico concentrado como cloreto de zinco e ácido fosfórico (Santana et al, 2018).

Com a aplicação do processo de ativação, o carvão ativado aumenta suas características porosas, favorecendo o processo de adsorção de moléculas.

O processo de adsorção, utilizando carvão ativado, ocorre por interações entre a superfície do adsorvente e o adsorvato. As interações podem ser eletrostáticas ou não. Quando o adsorvato é um eletrólito que se dissocia em solução aquosa, ocorrem interações

eletrostáticas (podendo ser de atração ou repulsão) e depende: da densidade de carga superficial do carvão ativado; das características químicas do adsorvato; e da força iônica da solução. Interações não eletrostáticas são sempre de atração e podem incluir: forças de van der Waals; interações hidrofóbicas; e ligações de hidrogênio. (Dias et al., 2007).

Dentre os diversos adsorvatos solúveis em meio aquoso, o azul de metileno (AM) possui notoriedade por ser um dos mais difundidos na industrial têxtil e apresentar alta carga de toxicidade e contaminação, quando descartado inadequadamente nos corpos hídricos.

O corante azul de metileno ( $C_{16}H_{18}N_3SCl$ ) é um composto químico heterocíclico, do tipo catiônico, com solubilidade em água e álcool, apresentando coloração azul escuro e inodoro em solução (Aygün et al., 2003; Karaca et al., 2004; Poggere, 2011). O AM é largamente utilizado no tingimento de algodão, lãs e madeira, tinturas temporárias de cabelo, na medicina entre outras aplicações (Valdivelan & Kumar 2005).

Devido a grande aplicabilidade industrial do AM, é importante ressaltar a poluição causada pelo descarte inadequada de efluentes contendo corantes, uma vez que a contaminação aos corpos hídricos confere características visuais e organolépticas diferente dos sistemas de água potável, não possibilitando o consumo humano, promovendo alteração na coloração, diminuição na transparência e oxigenação aquática (Oliveira, 2012).

Perante a tais problemáticas, métodos para a remoção de azul de metileno dos efluentes vem recebendo enorme atenção. A principal técnica de descoloração das águas de rejeito é a adsorção, utilizando como matriz o carvão ativado, uma vez que é possível conhecer os parâmetros da matriz e controlar o processo de adsorção.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo, a utilização de carvão ativado sintetizado a partir da casca do tamarindo, para a adsorção do corante azul de metileno e determinar a influência do pH e a cinética no processo adsorptivo.

## METODOLOGIA

### Carvão Ativado

A metodologia da síntese do carvão ativado utilizado no presente trabalho é descrita por Lima et al. (2018).

O material é codificado como CACT, carvão ativado de casca de tamarindo.

### Efeito do pH no processo adsorptivo

O pH da solução tem grande influência no processo de adsorção, determinando a contribuição das interações entre adsorvente/adsorbato.

A avaliação do efeito do pH no processo de adsorção do AM, foi realizado adicionado 25mg do carvão ativado em erlenmeyer contendo 5mL de solução de azul de metileno em concentração de 500mg.L<sup>-1</sup>, o ajuste do pH foi realizado utilizando solução de fosfato de potássio monobásico (20mM) e ácido fosfórico (20mM) para pH 3,0 e 5,0 e solução de fosfato de potássio bibásico (20mM) e ácido fosfórico (20mM) para pH 7,0 e 9,0. As amostras ficaram sobre agitação em mesa agitadora a 20rpm durante 120min, posteriormente centrifugadas e o sobrenadante filtrado.

As leituras da quantificação do corante AM foram realizadas por leitura direta em espectrofotômetro em comprimento de onda de 665nm.

Com os valores da quantificação e das curvas de calibração, determinou-se a capacidade adsorptiva do carvão ativado, utilizando a equação 1.

$$q = \left( \frac{VC_{in} - VC}{M_{ads}} \right) \quad (1)$$

Em que: q é a capacidade adsorptiva, após atingir o equilíbrio (mg.g<sup>-1</sup>), V é o volume de solução (mL), C<sub>in</sub> concentração inicial da solução (mg.L<sup>-1</sup>), C é a concentração da solução (mg.L<sup>-1</sup>) no equilíbrio e M<sub>ads</sub> é a massa do adsorvente (g).

### Cinética de adsorção

A cinética de adsorção é descrita como a velocidade em que as moléculas do adsorbato aderem ao sólido do adsorvente. Essa velocidade de aderência depende exclusivamente das características

físico/químicas do adsorbato, adsorvente e da solução.

Para a determinação do tempo necessário para alcançar o equilíbrio da adsorção, adicionou-se 25mg do CACT em 5mL de solução em pH que apresentou melhor resultado, definido na metodologia anterior e concentração de 500mg.L<sup>-1</sup> de azul de metileno. A solução contendo o carvão ativado ficou em agitação a 20 rpm em temperatura ambiente em períodos de tempo de 15, 30, 60, 90, 120, 180 e 240min. A cada intervalo a amostra foi centrifugada e teve o sobrenadante quantificado por espectrofotômetro em comprimento de ondas de 665nm.

Com os valores de absorbância das soluções e da curva de calibração, determinou-se o tempo necessário para que as duas faces (adsorvente/adsorbato) atinjam o equilíbrio e ajuste aos modelos não lineares de cinética de adsorção (Tabela 1).

Tabela 1 - Modelos não-lineares de cinética de adsorção.

Modelo	Equação	Nº	Referência
PSPO	$q_t = q_e [1 - e^{-k_1 t}]$	(2)	LAGERGRÉN; 1898
PSSO	$q_t = \frac{k_2 q_e^2 t}{1 + k_2 q_e t}$	(3)	HO & MCKAY; 1999
ELCH	$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(1 + \alpha \beta t)$	(4)	MCLITONCK; 1970

Fonte: Autor (2022).

Em que:  $q_e$  e  $q_t$  são as quantidades adsorvidas por grama de adsorvente no equilíbrio e no tempo  $t$  (min), respectivamente, em mg.g<sup>-1</sup>;  $k_1$  é a constante de velocidade de adsorção de pseudo-primeira ordem (min<sup>-1</sup>);  $k_2$  é a constante de velocidade de adsorção de pseudo-segunda ordem (g.mg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>);  $\alpha$  é a taxa de adsorção inicial (mg.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>);  $\beta$  constante de desorção (mg.g<sup>-1</sup>);  $t$  o tempo (min).

Calculou-se o  $h_0$  a partir da constante  $k_2$  do modelo cinético de pseudo-segunda ordem, para determinar a velocidade de adsorção inicial (Equação 5).

$$h_0 = k_2 q_e^2 \quad (5)$$

Em que:  $h_0$  é a velocidade de adsorção inicial ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ),  $k_2$  é a constante da taxa de adsorção de pseudo-segunda ordem ( $\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ),  $q_e$  é a quantidade adsorvida por grama de adsorvente ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

### Efeito do pH no processo adsorptivo

O resultado obtido na análise do efeito do pH no processo de adsorção do corante azul de metileno é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Capacidade adsorptiva ( $q$ ) do corante azul de metileno, com variação de pH.

Amostra	pH	$q$ ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )
CACT	3	98,97
CACT	5	99,64
CACT	7	100,34
CACT	9	98,72

Fonte: Autor (2022)

O entendimento da influência do pH no processo adsorptivo é pertinente uma vez que, o pH da solução pode modificar a carga superficial do adsorvente, assim como influenciar no grau de ionização da molécula de adsorvato e no grau de dissociação de grupos funcionais sobre os sítios ativos do adsorvente (Mall et al, 2005).

É possível constatar na Tabela 1, que não houve interferência do pH no processo adsorptivo do corante azul de metileno, demonstrando assim que não ocorre interações entre os grupos funcionais presentes na superfície do carvão ativado e as moléculas do corante.

Logo escolheu-se o pH 7,0 para realizar os próximos testes adsorptivos, constatando que o pH da solução não governou o processo adsorptivo.

Oliveira et al. (2018) em estudo similar com azul de metileno adsorvido em matriz da fibra de coco verde em diferentes tratamentos, constatou que o equilíbrio da adsorção se deu em pH 7,0, demonstrando a ausência da influência do pH no processo de adsorção.

Dias (2013) em estudo adsorptivo com o corante azul de metileno, concluiu que em pH 7,0 o corante se encontra desprotonado, mas ainda apresenta carga positiva por se tratar de uma espécie catiônica, sugerindo que a adsorção em carvão ativado em pH 7,0 é governada pelas interações hidrofóbicas.

### Cinética de adsorção

A cinética de adsorção com ajuste aos modelos não-lineares para o corante AM é apresentada no Figura 1.

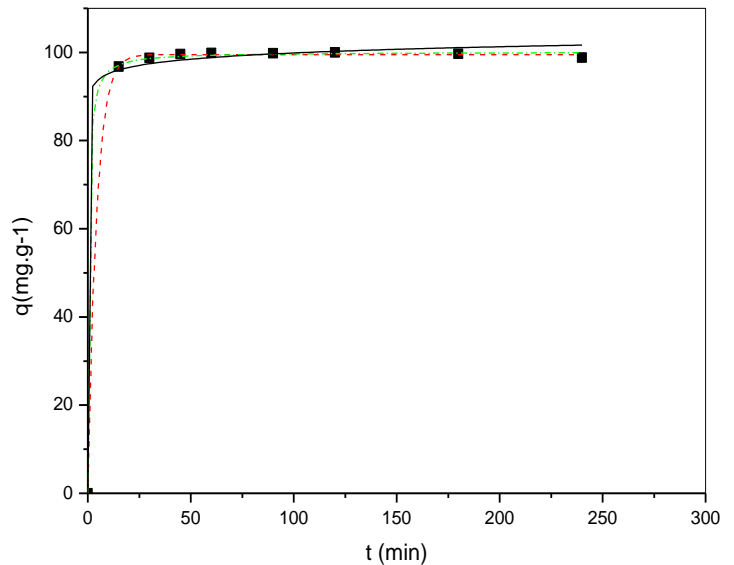


Figura 1 - Ajustes dos modelos cinéticos não-lineares de pseudo-primeira ordem (---), pseudo-segunda ordem (- - -) e Elovich (—) para a adsorção do Corante Azul de Metileno no carvão CACT.

Fonte: Autor (2022)

A cinética do processo de adsorção é normalmente controlada por diferentes mecanismos, dos quais o limitante é o mecanismo de difusão externa (Ozcan e Ozcan, 2004). Graficamente o fenômeno é expresso pela curva ascendente inicial, atribuída a rápida difusão do adsorvato até a superfície externa do adsorvente. A parte linear da curva, por outro lado, referência à adsorção gradual que decorre da difusão intraparticular, seguida pelo platô de equilíbrio (a partir do qual a difusão interna apresenta um decrescimento por conta da diminuição da presença de corante e pela menor disponibilidade de sítios ativos de adsorção livres) (Almeida, 2016).

Nota-se que na Figura 1, o platô de equilíbrio adsorptivo é atingido em 45 min, uma

vez que posteriormente a esse tempo há uma constância na capacidade adsorptiva, demonstrando assim que a partir desse tempo a superfície do carvão ativado encontra-se saturada, não ocorrendo mais a transferência das moléculas do azul de metileno presente na solução para a superfície da matriz.

Para Dias (2013), o tempo (min) em que ocorrer a estabilização da adsorção, demonstra que o sistema adsorvente/adsorbato atingiu o equilíbrio não havendo mais troca entre os compostos.

A tabela 3 são apresentados os parâmetros de ajustes aos modelos cinéticos e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que é fundamental para determinar qual modelo apresentou o melhor ajuste. Observa-se que os três modelos matemáticos ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais ( $R^2 > 0,9$ ).

Tabela 3 - Parâmetros e coeficientes de determinação dos modelos cinéticos para adsorção do corante Azul de Metileno no carvão ativado.

Parâmetros/ Coeficientes	Modelos		
	PSPO	PSSO	ELCH
$q_e$	99,52	100,11	-----
$k_1$	0,238	-----	-----
$k_2$	-----	0,02	-----
$h_0$	-----	200,44	-----
$\alpha$	-----	-----	$3,88 \times 10^{19}$
$\beta$	-----	-----	0,49
$R^2$	0,999	0,999	0,997

$q_e$  (mg.g<sup>-1</sup>),  $k_1$  (min<sup>-1</sup>),  $h_0$  (mg.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>),  $k_2$  (g.mg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>),  $\alpha$  (mg.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) e  $\beta$  (g.mg<sup>-1</sup>)

Fonte: Autor (2022)

Quando observado o melhor ajuste ao modelo pseudo-primeira ordem, infere que não ocorreu a saturação dos sítios do adsorvente, indicando que a quantidade de corante disponível é razoavelmente menor que o número dos sítios ativos. Já o pseudo-segunda ordem permite inferir que o processo é regido pela química de adsorção, que envolve as forças químicas de interações entre o carbono e o AM, envolvendo troca ou doações de elétron por forças covalentes e de troca iônica (RAMIREZ et al., 2017; ALI et al., 2016). A velocidade

inicial de adsorção  $h_0$  foi bastante elevada, demonstrando que a difusão molecular do AM nos poros do CACT atingiu a saturação dos poros rapidamente, reafirmando o resultado do platô de equilíbrio discutido anteriormente.

Os parâmetros  $\alpha$  (taxa de adsorção) e  $\beta$  (coeficiente de dessorção) do modelo de Elovich, possibilitam inferir a viabilidade do processo de remoção do AM. É possível observar que  $\alpha$  é elevado, enquanto  $\beta$  é baixo, indicando assim que a taxa de dessorção é reduzida devido as interações químicas moleculares estáveis do AM e CACT ao ponto de não ocorrer excessiva dessorção, demonstrando assim a viabilidade da adsorção do CACT.

## CONCLUSÃO

A utilização de carvão ativado sintetizado a partir da casca da tamarindo, na adsorção de azul de metileno, mostra-se como uma alternativa promissora para o tratamento de meios coloridos.

Conclui-se que o CACT, não sofre influência do pH no processo adsorptivo, inferindo que as interações predominantes no processo foram hidrofóbicas. A cinética adsorptiva demonstrou que, o platô de adsorção é em 45 min e ajuste satisfatório aos três modelos cinéticos estudados.

O presente estudo, oferece contribuição nas investigações sobre meios porosos e adsorptivos, como também o aproveitamento de resíduos da agroindústria para a síntese de carvão ativado.

## NOMECLATURA

CACT= Carvão ativado carca de tamarindo

$q$  = capacidade adsorptiva

$C_{in}$  = Concentração inicial da solução

$M_{ads}$  = massa do adsorvente

$V$  = Volume de solução

AM = Azul de Metileno

$t$  = tempo

PSPO = pseudo-primeira ordem

PSSP = pseudo-segunda ordem

ELCH = Elovich

## REFERÊNCIAS

- ABDEL-RAOUF, N.; AL-HOMAIDAN, A. A.; IBRAHEEM, I. B. M. (2012), "Microalgae and wastewater treatment", *Saudi Journal of Biological Sciences*, Vol. 19, p. 257-275.
- ALI, R. M.; HAMAD, H. A.; HUSSEIN, M. M.; MALASH, G. F. (2016) Potential of using green adsorbent of heavy metal removal from aqueous solutions: Adsorption kinetics, isotherm, thermodynamic, mechanism and economic analysis. *Ecological Engineering*, v. 91, p. 317-332.
- ALMEIDA, A. L. S. (2016), Tratamento de meios coloridos: estudo comparativo da adsorção sobre carvão ativado e argila virgem, EQ/UFF – Niterói – RJ, 76p. (Trabalho de conclusão de curso).
- ARAÚJO, M, J. (2005), "Fundamentos de agronegócios", São Paulo: Atlas, 2. Ed.
- Aygun A., Yenisooy-Karakas S., Duman I. (2003), "Production of granular activated carbon from fruit stones and nutshells and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties", *Microporous and Mesoporous Materials.*, Vol. 66, p.189-195.
- COSTA FILHO, D. V., SILVA, A. J., SILVA, P. A. P., SOUSA, F. C. (2017) "Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos", *Anais do II COINTER – PDVAgro – Congresso Internacional das Ciências Agrárias*, P.1-8, Teresina – PI.
- COUTINHO, A.R.; BARBIERI, F.C.; PAVANI, P.A. (2000), "Preparação de carvões ativados a partir de fibras de celulose", *Anais 12º EBA – Encontro Brasileiro de Adsorção*, p. 139-144, Florianópolis – RS.
- DELGADO, L.F.; CHARLES, P.; GLUCINA, K.; MORLAY, C. (2012), "The removal of endocrine disrupting compounds, pharmaceutically activated compounds and cyanobacterial toxins during drinking water preparation using activated carbon - A review", *Science of the Total Environment*, Vol. 435-436, p. 509-525.
- DI BERNARDO, L. (2005), "Métodos e técnicas de tratamento de água", Abes, Ed. 2, p. 1566.
- DIAS, J. M.; ALVIM-FERRAZ, M. C. M.; ALMEIDA, M. F.; RIVERA-UTRILLA, J.; SÁNCHEZ-POLO, M. (2007), "Waste materials for activated carbon preparation and its use in aqueous-phase treatment: A review", *Journal of Environmental Management*, Vol. 85, p. 833–846.
- DIAS, P. S. (2013). Caracterização dos carvões ativados obtidos a partir da casca do cupuaçu e do caroço de pequi e avaliação do processo de adsorção de azul de metileno em meio aquoso. PPGCA/UESB – Itapetinga – BA, 103p. (dissertação de mestrado)
- Karaca S., Gürses A., Bayrak R. (2004), "Effect of some pre-treatments on the adsorption of methylene blue by Balkaya lignite", *Energy Conversion and Management.*, Vol. 45, p.1693-1704.
- LIMA, J. L. S.; MONTEIRO, K. A. BRITO, M. J. P., SANTANA, N. B., VELOSO, C. M. (2018), "Efeito da temperatura de carbonização nas propriedades do carvão ativado obtido a partir da casca do tamarindo", *Anais VI Congresso Mineiro de Engenharia de Alimento. Lavras – MG.*
- MALL, I. D., SRIVASTAVA, V. C., AGARWAL, N. K., MISHRA, I. M. (2005), "Removal of congo red from aqueous solution by bagasse fly ash and activated carbon: Kinetic study and equilibrium isotherm analyses", *Chemosphere*, Vol. 61, n. 4, p. 492–501.
- OLIVEIRA, F. M., COELHO, L. M., MELO, E. I. (2018), "Evaluation of the adsorption process using green coconut mesocarp for removal of methylene blue dye", *Matéria (Rio J.)*, Vol. 23, p. 1-14.
- OLIVEIRA, S. P. (2012), Adsorção do corante azul de metileno em caulinita natural e intercalada com acetato de potássio provenientes da região de Bom Jardim de Goiás – GO. PPGG/UFMT – Cuiabá – MT, 80p. (Dissertação de Mestrado).
- POGGERE, P. A. et al. Azul de metileno: propriedades e tratamentos. In: ENDICT – Encontro de Divulgação Científica e Tecnológica, 3., 2011. Anais... Toledo, 2011.

- POGGERE, P.A.; DAVIS, R.; MONTANHER, S.F.; LOBO, V.S. (2011), “Azul de Metileno: Propriedades e tratamentos”, Anais III ENDICT – Encontro de divulgação científica e tecnológica, p.541-548, Toledo – PR.
- PRADO, R. G. (2010), Produção de carvão ativado a partir do resíduo de candeia – *Eremantgus erythropappus*: uso como suporte do catalisador  $H_3 PM_{012}O_{40}$  em reação de esterificação. PPGA/UFLA – Lavras – MG, 139p. (Dissertação de mestrado).
- RAMIREZ, A. P.; GIRALDO, S.; FLORES, E.; ACELAS, N. (2017) Preparación de carbón activado a partir de residuos de palma de aceite y su aplicación para la remoción de colorantes. Revista Colombiana de Química, v. 46, n. 1.
- ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. (2001), “Valorização de resíduos da agroindústria”, Anais II SIGERA – Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, P. 98-105, Foz do Iguaçu – PR.
- RUIZ, B.; CABRITA, I.; MESTRE, A.S.; PARRA, J.B.; PIRES, J.; CARVALHO, A.P.; ANIA, C.O. (2010) “Surface heterogeneity effects of activated carbons on the kinetics of paracetamol removal from aqueous solution”, *Applied Surface Science*, Vol. 256, n. 17, p. 5171-5175.
- SANTANA, G. M.; LELIS, R. C. C.; PAES, J. B.; MORAIS, R. M.; LOPES, C. R.; LIMA, C. R. (2018), “ Activates carbono from bamboo (*Bambusa vulgaris*) for methelene blue removal: prediction to the environment applications” *Ciência Florestal*, Vol. 28, p. 1179-1191.
- ZCAN, A S., ÖZCAN, A. (2004), “Adsorption of acid dyes from aqueous solutions onto acid-activated bentonite”, *J. Col. Int. Sci.: Elsevier*, Vol. 276, p. 39-46.