



ISSN: 2525-815X

# Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: [www.jeap.ufrpe.br/](http://www.jeap.ufrpe.br/)

10.24221/jeap.8.4.2023.5645.324-330



## Conjectura de parâmetros operacionais na remoção de cor aparente e de turbidez de um efluente têxtil por meio da tecnologia de adsorção

### Conjecture of operational parameters in the removal of apparent color and turbidity of textile effluent by adsorption technology

Maria Eduarda Borges de Almeida<sup>a</sup>, Lucas Alves Batista Pequeno<sup>a</sup>, Marilda Nascimento Carvalho<sup>a</sup>, Rosângela Gomes Tavares<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE. Rua Dom Manoel de Madeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. CEP 52171-900. E-mail: [meborges.almeida@gmail.com](mailto:meborges.almeida@gmail.com), [lucas.pequeno@ufrpe.br](mailto:lucas.pequeno@ufrpe.br), [marilda-carvalho.ppeamb@ufrpe.br](mailto:marilda-carvalho.ppeamb@ufrpe.br), [rosangela.gomestavares@ufrpe.br](mailto:rosangela.gomestavares@ufrpe.br).

#### ARTICLE INFO

Recebido 21 Mar 2023  
Aceito 06 Out 2023  
Publicado 20 Dez 2023

#### ABSTRACT

Creating a sustainable textile industry involves correctly disposing of production waste. The treatment by adsorption for effluents containing high levels of dyes is widely used compared to other conventional methods. Activated carbon is the adsorbent that receives more attention due to its high capacity to capture molecules by chemical interaction. Among the various factors that can influence adsorption, pH is very important because it determines the electrostatic interactions between the adsorbate and the adsorbent. In this context, it is necessary to know the pH at which the charge balance is null on the surface of the solid, that is, the point of zero charges (PZC). Therefore, the purpose of this study was to evaluate the efficiency of the adsorption technique for treating a textile effluent to remove apparent color and turbidity. The parameters of apparent color and turbidity were used as response variables. Thus, the best pH range activated carbon dosage, and shaking time for the treatment were defined. The conjecture of the ideal amount of adsorbent, a concentration of 5 g L<sup>-1</sup> was observed as the best result, which reached a maximum removal of 91.22% and 91.04% in shaking time of 20 min, for turbidity and apparent color, respectively. It was concluded that the use of activated carbon can be an alternative to existing processes for the treatment of industrial effluents.

**Keywords:** Activated carbon, point of zero charges, dye.

#### RESUMO

A criação de uma indústria têxtil sustentável passa pela destinação correta dos resíduos da produção. O tratamento por adsorção para efluentes que contém alta carga de corantes é amplamente utilizado em relação aos outros métodos convencionais. O carvão ativado é o adsorvente que recebe mais destaque devido a sua elevada capacidade de captura de moléculas por interação química. Dentre as várias condições que podem influenciar a adsorção, o pH adquire grande importância, pois este governa as interações eletrostáticas entre o adsorvato e o adsorvente. Nesse contexto, é necessário conhecer o pH para o qual o balanço de cargas é nulo na superfície do sólido, ou seja, o ponto de carga zero (PCZ). Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar a eficiência da técnica de adsorção para o tratamento de um efluente têxtil com carvão ativado, na remoção de cor aparente e turbidez. Utilizaram-se, como variáveis de respostas, os parâmetros cor aparente e turbidez. Assim, foram definidos a melhor faixa de pH, dosagem de carvão ativado e tempo de agitação para o tratamento. Na conjectura da quantidade de adsorvente ideal, observou-se como melhor resultado a concentração de 5 g L<sup>-1</sup>, no qual atingiram-se remoções máximas de 91,22% e 91,04% no tempo de agitação de 20 min, para turbidez e cor aparente, respectivamente. Concluiu-se que o uso do carvão ativado



---

pode ser uma alternativa aos processos existentes para o tratamento de efluentes industriais.

**Palavras-Chave:** Carvão ativado, ponto de carga zero, corante.

---

## Introdução

A indústria têxtil está em constante transformação, configurando-se um dos setores com maiores inovações todos os anos, com a criação de novos tecidos e estampas, acompanhando as mudanças no campo da moda. As peças de vestuário que surgem, a cada nova coleção, reúnem as mais modernas técnicas de corte e acabamento. Além disso, o mercado da moda vem valorizando a criação de designs e a confecção de modelos que levem em consideração o impacto ambiental, ou seja, a valorização da natureza, criando a arte da moda sustentável (Cavalcanti & Santos, 2022). Nesse sentido, a criação de uma indústria têxtil sustentável, passa pelas técnicas do processo produtivo e pela destinação correta dos resíduos da produção.

O conservacionismo ambiental tem sido alvo de contínuas discussões na história recente, visto que, observa-se que as interferências humanas sobre o meio ambiente, tem ocasionado profundas alterações neste, resultando na contaminação do ar, da água e do solo.

A indústria têxtil é uma das maiores produtoras de efluentes líquidos que podem ser extremamente nocivos à biota de um ecossistema aquático. Por outro lado, uma vez que o setor têxtil tem grande importância socioeconômica, (Cavalcanti & Santos, 2022), a busca e aplicação de tecnologias que visem diminuir os impactos ambientais causados pela indústria têxtil, mas não se limitando a esta, é parte do processo da sustentabilidade.

De maneira geral, os efluentes dessa indústria apresentam, em sua composição, sais, corantes, metais pesados, detergentes, entre outras substâncias que tornam o líquido imune a tratamentos biológicos, comumente aplicados para efluentes domésticos. Os metais pesados, por exemplo, são letais aos microrganismos aeróbios ou anaeróbios, que são a base de um tratamento biológico. Logo, o efluente industrial têxtil é considerado de baixa biodegradabilidade. Portanto, é necessária a aplicação de tratamentos físico-químicos.

Os corantes têxteis são, em sua grande maioria, sintéticos. Todavia, alguns estudos apontam o uso de corantes naturais como um meio de minimizar os impactos ambientais do processo de tingimento de tecidos (Narimatsu et al., 2020). Os corantes usados pela indústria têxtil podem ser identificados a partir da sua estrutura química ou

pelo método de fixação à fibra têxtil (Guaratini & Zanoni, 2000).

A decisão de qual tecnologia de tratamento físico-químico será adotada deve ser alvo de análises particulares, pois existem alguns compostos, como fenóis, que não podem ser totalmente removidos apenas com o processo de coagulação/floculação/decantação, por exemplo (Cunha et al., 2019).

Sendo assim, nestes casos, o tratamento por adsorção, sobretudo para efluentes que contenham alta carga de corantes, é amplamente utilizado em relação aos métodos convencionais. A adsorção apresenta-se como uma alternativa tecnológica extremamente importante, principalmente pela possibilidade do uso de adsorventes de baixo custo (Cunha et al., 2019). Além disso, é possível fazer a recuperação das espécies adsorvidas e reutilizar os adsorventes, diminuindo os impactos ambientais.

Segundo Dória et al. (2022), o processo de adsorção consiste em uma transferência de um ou mais componentes contidos em uma fase fluida, que pode ser líquida ou gasosa, para uma fase sólida. Neste processo, a quantidade de material sólido é denominada de adsorvente, enquanto o material contido na fase fluida, que se deseja remover, é denominado de adsorvato.

São vários os adsorventes comerciais existentes, sendo que a maior parte deles são materiais sólidos granulares e materiais fibrosos que podem ser naturais ou sintéticos (Dória et al., 2022). Entre os materiais naturais, podem-se citar os resíduos sólidos da indústria moveleira (Silva & Pequeno, 2022), o pó da casca de arroz, do mesocarpo de coco, da casca da banana, da laranja, entre outros (Freitas, Câmara & Martins, 2015). A utilização desses materiais como adsorvente, aumenta o ciclo de vida dos produtos, colaborando na perspectiva da sustentabilidade ambiental. No entanto, o adsorvente mais utilizado é o carvão ativado.

O carvão ativado é o que recebe mais destaque devido a sua elevada capacidade de captura de moléculas por interação química e à alta taxa de remoção por causa de sua grande área superficial (Guo & Rockstraw, 2007). Costa, Furmanski & Dominguni (2015) apontaram, em sua pesquisa exploratória, que a aplicação desse material está relacionada, principalmente, devido à capacidade de redução das espécies que conferem cor aos efluentes.

O parâmetro “cor” é um dos mais significativos ao tratar esse efluente, exatamente devido a aplicação de diversos corantes, ao longo do processo de tingimento. Efluentes com elevada cor ao serem lançados em corpos d’água impedem que a luz solar penetre nos corpos aquáticos dificultando a fotossíntese de seres autotróficos e alterando o teor de oxigênio dissolvido no meio.

Dentre os vários fatores que podem influenciar a adsorção, Alfredo (2013) cita o pH, a velocidade de agitação, velocidade da adsorção, estrutura do poro, área superficial do adsorvente, relação sólido-líquido e impurezas na superfície do adsorvente, como algumas variáveis importantes.

Em relação ao pH, a importância está no fato deste parâmetro químico governar as interações eletrostáticas entre o adsorvato e o adsorvente. Sendo assim, é preciso apontar a carga de superfície do carvão ativado e da molécula a ser adsorvida. Nesse contexto, torna-se necessário determinar o pH, cujo balanço de cargas é nulo na superfície do sólido. Em outras palavras, o Ponto de Carga Zero (PCZ), foi definido por Pérez, Campos & Texeira (2017), como o valor de pH em que a adsorção de íons determinantes de potencial ( $H^+$  e  $OH^-$ ) é igual.

Quando o pH da solução é menor que o pH do PCZ do material sólido, a superfície deste ficará com cargas positivas, enquanto que, se o pH da solução for maior que o pH do PCZ do material sólido, a superfície deste ficará carregada negativamente. Nos dois casos haverá uma boa interação entre adsorvato e adsorvente (Deolin et al., 2013).

Caso as cargas do adsorvato e do adsorvente sejam as mesmas, o processo de adsorção será prejudicado, visto que, haverá repulsão eletrostática. É neste motivo que está elencada a necessidade de determinação do PCZ.

Sendo assim, o estudo objetivou avaliar a eficiência da técnica de adsorção para o tratamento de um efluente têxtil com carvão ativado na remoção de cor aparente e turbidez.

## Material e Métodos

As amostras do efluente bruto foram coletadas em uma lavanderia têxtil, localizada no município de Caruaru, no estado de Pernambuco. O efluente foi coletado no tanque de equalização. Utilizaram-se recipientes plásticos, previamente higienizado antes da coleta, para evitar contaminação. O experimento foi conduzido no Laboratório de Saneamento Ambiental e Drenagem Agrícola-LABSAM, da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, em Recife, Pernambuco, Brasil.

Inicialmente, determinou-se o PCZ. Para tanto, foi realizado o ajuste do pH da solução aquosa água destilada que se encontrava em pH inicial de 6,67. Foram utilizados frascos de Erlenmeyer de 100 mL etiquetados com as faixas de pH variando de 1 a 12 e preenchidos com 50 mL de água destilada. O ajuste do pH para as faixas abaixo de 7,0 foi feita pela adição da solução de ácido clorídrico (HCl) à 0,1 mol L<sup>-1</sup>. Para o ajuste das faixas acima de 7,0 empregou-se uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) à 0,1 mol L<sup>-1</sup>. As leituras de pH foram realizadas com o auxílio de um potenciômetro de bancada equipado com eletrodo de vidro e de referência de Ag/AgCl combinados.

Em continuidade, foi pesado 0,250 g do carvão ativado em pó de origem comercial para uso em laboratório, da marca “Dinâmica Química Contemporânea LTDA”. Essa quantidade foi adicionada em cada um dos 12 frascos de Erlenmeyer preenchidos com 50 mL de água destilada, obtendo-se, assim, uma concentração de 5 g L<sup>-1</sup>. Em seguida, os frascos de Erlenmeyer foram levados para uma mesa agitadora sob agitação de 100 RPM, por 24 horas. Após esse período, foi realizada a medição do pH final das amostras e o pH do PCZ foi obtido pela média aritmética entre os valores de pH final que tenderam a um mesmo valor.

Para a condução dos testes adsorptivos, foi efetuado o ajuste do pH do efluente bruto que, inicialmente, encontrava-se a 7,18. O ajuste ocorreu para três faixas: meio ácido (5,01), PCZ (7,68) e meio básico (9,03). Considerando o efluente bruto, foram colocados 50 mL nos 33 frascos de Erlenmeyer, e os tratamentos foram distribuídos da seguinte maneira: 11 frascos com o efluente ajustado para meio ácido, 11 frascos com o efluente ajustado para o pH do PCZ e 11 frascos com o efluente ajustado para meio básico. Para cada valor de pH colocaram-se diferentes quantidades do carvão ativado em 10 frascos, de concentrações variáveis e um deles foi mantido sem adição de carvão (Tabela 1).

Tabela 1. Concentração e quantidade de carvão ativado utilizado em cada rodada de tratamentos. Fonte: Almeida et al. (2023).

Tratamentos	Concentração de carvão ativado (g L <sup>-1</sup> )	Carvão ativado (g)
T1	0,5	0,025
T2	1,0	0,050
T3	1,5	0,075
T4	2,0	0,100
T5	2,5	0,125
T6	3,0	0,150

T7	3,5	0,175
T8	4,0	0,200
T9	4,5	0,225
T10	5,0	0,250

Após 24 horas em mesa agitadora, foram analisados os valores de turbidez (método nefelométrico) e de cor aparente (espectrofotometria). Em seguida, definiu-se para qual concentração mássica de carvão ativado e faixa de pH foi obtido o melhor resultado para essas variáveis.

Por fim, em um novo teste, o pH do efluente bruto foi ajustado para a faixa com melhor resultado. Colocou-se um volume de 250 mL em três frascos de Erlenmeyer e, em cada um, adicionou-se a quantidade de carvão ativado que forneceu o melhor resultado naquela faixa de pH. Em seguida, os recipientes foram levados para a mesa agitadora configurada para a velocidade de 200 RPM. A cada 10 minutos, foram retiradas alíquotas de 20 mL de cada frasco de Erlenmeyer, levadas para filtração com filtro de papel quantitativo e depois as amostras foram colocadas em frascos plásticos, etiquetados por letras e o tempo de coleta referente.

Foram realizadas as análises de turbidez e de cor aparente. Assim, com base nos dados obtidos, foram definidos para qual faixa de pH, quantidade de carvão ativado e tempo de agitação alcançou-se a melhor remoção de turbidez e de cor aparente do efluente têxtil analisado.

## Resultados e Discussão

O PCZ encontrado foi correspondente às faixas de pH com valores constantes. O PCZ foi calculado por meio da média aritmética desses pontos, obtendo-se um valor de 7,44 (Figura 1).

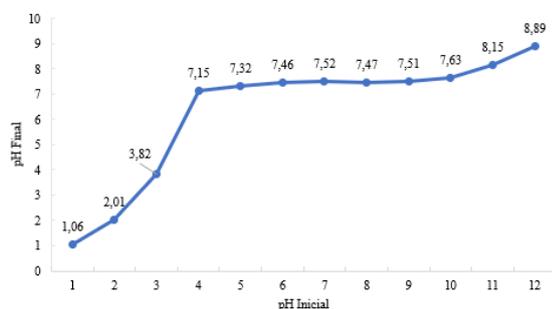


Figura 1. Relação entre o pH inicial e o pH final para definição do Ponto de Carga Zero (PCZ). Fonte: Almeida et al. (2023).

O PCZ refere-se ao pH no qual o carvão ativado tem efeito tampão. A determinação do pH da solução indica qual a especiação química do elemento, bem como a carga superficial do adsorvente. O resultado do experimento indicou

meio neutro para o carvão ativado, sinalizando para a presença de grupos ácidos e básicos em quantidades próximas. Nesse caso, o carvão é capaz de adsorver tanto cátions como ânions. Quando o PCZ é maior do que o pH, há prevalência de íons  $H^+$  e adsorção de espécies aniônicas. Em caso de o PCZ ser menor do que o pH, há prevalência de íons  $OH^-$  e adsorção de espécies catiônicas (Freitas, Câmara & Martins, 2015; Brandão, Queiroz & Silva, 2020).

A adsorção por carvão ativado é utilizada para o tratamento de efluentes não biodegradáveis. Este carvão apresenta, em sua superfície, uma grande variedade de grupos funcionais e poros, tornando-o ideal para a adsorção, principalmente, de poluentes orgânicos com baixo peso molecular. Uma substância quando apolar, pode ser totalmente removida pelo carvão ativado. A análise do pH do meio é determinante na carga superficial do adsorvente, pois este é responsável pela condução das interações eletrostáticas deste com o adsorvato (Fonseca, Castro & Pereira, 2021).

Quanto à remoção de turbidez, o melhor valor alcançado foi de 82,64%, em pH 9,0 e concentração de carvão de  $g L^{-1}$ , ou seja, o Tratamento 10 (T10) (Tabela 1). Essa eficiência deve-se em decorrência da presença de cátions que favoreceram a adsorção na superfície do carvão ativado no pH em questão, pois este tem a superfície rica em  $OH^-$  por conta do aumento do pH (Figura 2).

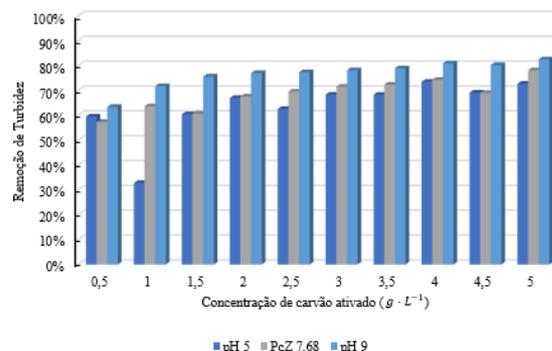


Figura 2. Remoção da turbidez (%) em relação a concentração de carvão ativado ( $g L^{-1}$ ), nas faixas de meio ácido, Ponto de Carga Zero (PCZ) e meio básico. Fonte: Almeida et al. (2023).

No pH menor que 7,0, ocorreu uma menor adsorção, possivelmente por conta da competição dos cátions e  $H^+$ . Nos demais, os maiores percentuais de adsorção do corante foram de 73,55% em meio ácido e de 78,24% no PCZ. Os menores percentuais foram de 32,83% no meio ácido, de 57,41% no PCZ e de 63,44% no meio básico.

A turbidez é um parâmetro que varia bastante, principalmente para efluentes de indústrias. Uma de suas principais causas, possivelmente, está associada aos Sólidos Suspensos Totais (SST), tendo relação direta com a cor. Para tanto, as partículas insolúveis de matéria orgânica, microorganismos e entre outros elementos, desviam os raios de luz que penetram na água (Silva Junior, Carvalho & Ragassi, 2019; Ramos et al., 2020).

Com relação à taxa de remoção da concentração de cor aparente do efluente têxtil, a maioria dos resultados obtidos apresentaram eficiência acima de 70%. O melhor valor de remoção foi no Tratamento 10 (T10) com a solução em meio básico, obtendo eficiência de 88,20%. Em contrapartida, a menor porcentagem foi de 52,28%, obtida para o Tratamento 2 (T2), no meio ácido (Figura 3).

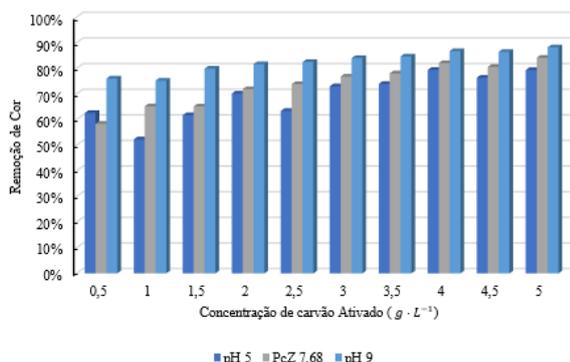


Figura 3. Remoção da cor (%) em relação a concentração de carvão ativado ( $\text{g L}^{-1}$ ), nas faixas de meio ácido, Ponto de Carga Zero (PCZ) e meio básico. Fonte: Almeida et al. (2023).

Ao adicionar mais carvão ativado, observou-se que a remoção aumentou, mas em um ritmo cada vez menor com tendência à estabilidade. Esse fato aconteceu porque quando os sítios ativos disponíveis entraram em equilíbrio, o adsorvente não exerceu tanta influência sobre a remoção dos solutos contaminantes, visto que as interações entre soluto-soluto, em menores concentrações de soluto, são mais fortes (Dotto et al., 2011).

A cor aparente nos efluentes têxteis é intensa, pois cerca de 20% dos corantes não são fixados no tecido e possuem baixa degradabilidade (Guaratiñi & Zanoni, 2000). Esses fatores dependem diretamente de sua composição química que podem ser cromóforos ou auxocromos, de natureza básica ou ácida. Dos processos utilizados para minimizar a presença destes no efluente, pode-se citar o biológico, que remove as substâncias orgânicas e os métodos físico-químicos para redução da cor. Ainda que não exista uma técnica definida como padrão, a de adsorção mostra-se

eficaz para uma gama de poluentes e não deixa resquícios na solução (Souza & Machado, 2020).

Portanto, com base nos melhores percentuais de remoção para as variáveis analisadas, observa-se que o Tratamento 10 (T10), forneceu as maiores remoções, tanto de cor aparente quanto de turbidez. Sendo assim, utilizou-se o pH 9,0 no efluente com aplicação da concentração de carvão de  $5 \text{ g L}^{-1}$ , pela adição de 0,250 g do adsorvente no volume de 50 mL, para verificar o comportamento da adsorção ao longo do tempo de duas horas.

Foi possível observar que, pelo fato de inicialmente todos os sítios ativos da superfície do carvão estavam livres, a adsorção foi mais rápida. Ao passar do tempo, a tendência foi a diminuição gradual da taxa de adsorção. Se o ensaio tivesse sido mais longo, seria possível acompanhar, em qual momento essa taxa estaria estável, para garantir o equilíbrio do sistema (Figura 4).

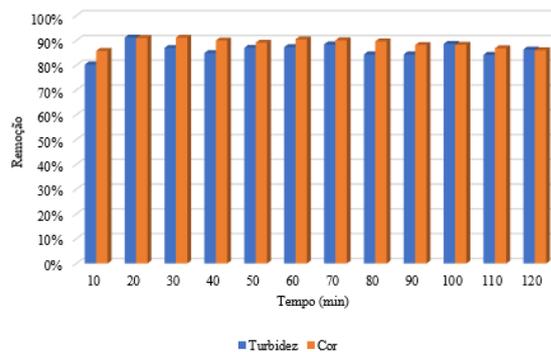


Figura 4. Comparação da remoção de turbidez e de cor do efluente têxtil no intervalo de duas horas. Fonte: Almeida et al. (2023).

Para a remoção de turbidez, o valor máximo (91,22%) de adsorção, foi obtido em um tempo de 20 minutos. Após esse tempo, os valores decresceram, mas mantiveram-se acima de 84%. Para a cor foi possível notar uma elevada taxa de remoção nos primeiros 70 minutos, mantida acima de 90%. Após esse tempo, a taxa decresceu, alcançando 86,09% em 120 minutos. Contudo, o menor valor obtido foi de 85,82% na primeira amostragem, aos 10 minutos.

O aumento da concentração do carvão aumentou a quantidade de sítios ativos, de maneira a promover uma melhor capacidade de adsorção do adsorvente. A quantidade de adsorvente está diretamente relacionada à quantidade de sítios ativos disponíveis para ligarem-se ao corante (Fukumoto & Kuroda, 2019). Todavia, deve-se tomar cuidado ao escolher a massa ideal, pois pode gerar muitas partículas finas devido à agitação mecânica do processo.

Foi possível perceber que a adsorção foi favorecida em meio básico, acima do pH do PCZ

do carvão ativado, demonstrando o caráter catiônico do corante no efluente. Em meio básico, a depender dos grupos funcionais presentes nas moléculas, a adsorção ocorre devido ligações de hidrogênio (Cunha et al., 2019). A energia pela qual a molécula é fixada está diretamente relacionada ao tempo em que esta fica ligada à superfície do adsorvente. Assim, não são todas as moléculas que permanecerão na superfície do carvão. Nesse sentido, deve-se evitar ultrapassar o tempo para o qual tem-se início o processo de dessorção (Silva et al., 2018; Dávila, Nunes & Féris, 2019).

A Resolução CONAMA n.º 430/2011, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes no meio ambiente. Nesta Resolução, exige-se o tratamento adequado dos efluentes, seguido de testes de ecotoxicidade antes de seu lançamento em corpos hídricos. A Resolução estabelece ainda uma série de parâmetros que devem ser respeitados, bem como pH entre 5 e 9, remoção mínima de 60% de DBO, entre outros.

### Conclusão

O pH é determinante para avaliar a eficiência da adsorção do carvão ativado. Em soluções aquosas, o pH interfere, de forma negativa, em meio ácido.

A aplicação da adsorção com o carvão ativado mostrou-se como uma alternativa para o tratamento de efluentes industriais para determinar a viabilidade de lançamento do efluente tratado.

### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPEs, pela bolsa de mestrado de Maria Eduarda Borges de Almeida, e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco-FACEPE (Processo N.º IBPG-0689-3.07/22) pela bolsa de mestrado de Lucas Alves Batista Pequeno, e à técnica de laboratório, Patrícia Karla Batista de Andrade, por direcionar as análises.

### Referências

Alfredo, A. P. C. 2015. Adsorção de azul de metileno em casca de batata utilizando sistema em batelada e coluna de leito fixo. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Curso de Tecnologia em Processos Químicos, Coordenação do Curso de Tecnologia em Processos Químicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 55p.

Brandão, A. C. T.; Queiroz, V.; Silva, R. G. C. 2020. Síntese e caracterização de carvão ativado quimicamente com H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> e NaOH a

partir da casca de pequi (*Caryocar brasiliense*). Brazilian Journal of Development, 6, 8, 60945-60962. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n12-495>

- Brasil. 2005. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução N.º 430, 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução N.º 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente-CONAMA. Brasília.
- Cavalcanti, A. M.; Santos, G. F. dos 2022. A indústria têxtil no Brasil: uma análise da importância da competitividade frente ao contexto mundial. *Exacta*, 20, 3, 706-726.
- Costa, P. D. de; Furmanski, L. M.; Domingui, L. 2015. Production, Characterization, and Application of Activated Carbon from Nutshell for Adsorption of Methylene Blue. *Revista Virtual de Química*, 7, 4, 1272-1285. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150070>
- Cunha, A. L. X.; Pereira Neto, L. M.; Arruda, V. C. M.; Silva, V. de P.; Cunha Filho, M.; Tavares, R. G. 2019. Tratamento físico-químicos de efluente têxtil utilizando Sulfato de Alumínio, Carvão Ativado e *Moringa oleifera*. *Revista Geama*, 5, 3, 47-55.
- Dávila, B. A.; Silva, A. Q. da; Oliveira, L. A. de; Revello, J. H. P. 2022. Estudo da capacidade de adsorção de um corante reativo do efluente da indústria têxtil, utilizando material adsorvente obtido da cápsula do fruto da Paineira (*Chorisia speciosa* A. St.-Hil). *Research, Society and Development*, 11, 13, 1-16. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35249>
- Dávila, I. V. J.; Nunes, K. G. P.; Féris, L. A. 2019. Remoção do violeta cristal por adsorção utilizando carvão ativado. *Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação*, 4, 2, 146-156.
- Deolin, M. H. da S.; Fagnani, H. M. C.; Arroyo, P. A.; Barros, M. A. S. D. de. 2013. Obtenção do ponto de carga zero de materiais adsorventes. In: encontro internacional de produção científica - CESUMAR, 8ª ed., Maringá. Anais Eletrônicos. Maringá: Cesumar, pp. 1-4.
- Dotto, G. L.; Vieira, M. L. G.; Gonçalves, J. O.; Pinto, L. A. de A. 2011. Remoção dos corantes azul brilhante, amarelo crepúsculo e amarelo tartrazina de soluções aquosas utilizando carvão ativado, terra ativada, terra diatomácea, quitina e quitosana: estudos de equilíbrio e termodinâmica. *Química Nova*, 7,

- 34, 1193-1199.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000700017>
- Fonseca, L. A.; Castro, M. M. F.; Pereira, M. A. 2021. Estudo das características do carvão ativado a partir do bagaço da cana-de-açúcar na adsorção do Chumbo em efluentes industriais. *Brazilian Journal of Development*, 7, 12, 26p.  
<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/41386/pdf>
- Freitas, F. B. A. de; Câmara, M. Y. de F.; Martins, D. F. F. 2015. Determinação do PCZ de adsorventes naturais utilizados na remoção de contaminantes em soluções aquosas. In: Souza, L. D. et al. 5º Encontro Regional de Química & 4º Encontro Nacional de Química, [S.L]. Blucher Chemistry Proceedings. São Paulo: Blucher, pp. 610-618.
- Freitas, F. B. A.; Câmara, M. Y. de F.; Martins, D. F. F. 2015. Determinação do PCZ de adsorventes naturais utilizados na remoção de contaminantes em soluções aquosas. *Encontro Regional de Química*, 3, 1, 8p.
- Fukumoto, A. A. F.; Kuroda, E. K. 2019. Seleção de carvões ativados para adsorção de microcistinas. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 24, 295-304.  
<https://doi.org/10.1590/S1413-41522019183445>
- Guaratini, C. C. I.; Zanoni, M. V. B. 2000. Corantes têxteis. *Química Nova*, 23, 1, 71-78.  
<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422000000100013>
- Guo, Y.; Rockstraw, D. A. 2007. Physicochemical properties of carbons prepared from pecan shell by phosphoric acid activation. *Bioresource Technology*, 98, 8, 1513-1521.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2006.06.027>
- Narimatsu, B. M. G.; Bem, N. A. do; Wachholz, L. A.; Linke, P. P.; Lizama, M. de L. A. P.; Rezende, L. C. S. H. 2020. Corantes naturais como alternativa sustentável na indústria têxtil. *Revista Valore*, 5, 1-14.
- Pérez, D. V.; Campos, D. V. B. de; Teixeira, P. C. 2017. Ponto de carga zero (PCZ). In: Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. (ed.). 2017. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 3. ed. Brasília: Embrapa, Cap. 9, pp. 249-254.
- Ramos, M. D. N.; Claudio, C. C.; Rezende, P. H. V.; Cabral, L. P.; Santos, L. A.; Costa, G. G.; Mesquita, P. L.; Aguiar, A. 2020. Análise crítica das características de efluentes industriais do setor têxtil no Brasil. *Revista Virtual de Química*, 12, 913-929.  
<https://s3.sa-east-1.amazonaws.com/static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v12n4a18.pdf>
- Shinohara, N. K. S.; Macedo, I. M. E.; Sousa, T. L. T. L.; Pimentel, R. M. de M.; Padilha, M. do R. de F.; Xavier, V. L.; Botelho, I. 2019. Parâmetros de Qualidade da Nata de Produção Artesanal. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 4, 071-077.  
<https://doi.org/10.24221/jeap.4.1.2019.2192.071-077>
- Silva Junior, O. P.; Carvalho, S. L.; Ragassi, B. 2019. Avaliação da temperatura, turbidez e pH no Córrego das Marrecas-SP. *Revista Científica ANAP Brasil*, 12, 24, 61-70.
- Silva, E. O.; Andrade, T. D.; Araujo, E. B.; Zottis, R.; Almeida, A. R. F. 2018. Produção de carvão ativado a partir da palha de azevém para adsorção de corante têxtil. *Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp*, 15, 194-208.
- Silva, V. L. M. de M.; Pequeno, L. A. B. 2022. Estudo da capacidade adsorptiva de resíduos sólidos da indústria moveleira para remoção de gasolina presente em corpos aquáticos. In: Mendonça Junior, F. J. B.; Meneses, C. H. S. G.; Leite, A. F.; Isidro, M. J. (org.). *Encontro de Iniciação Científica: ciência do oprimido: cenários do brasil em tempos de (des) valorização*. 28ª ed. Campina Grande: Eduepb, 187p.
- Souza, C. C. de.; Machado, A. R. T. 2020. Carvão ativado obtido de resíduos agrícolas: adsorvente para remoção de corantes orgânicos dos efluentes têxteis. *Revista Engenharia de Interesse Social*, 5, 5, 17-36.