

# APLICAÇÃO DO PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL NA AVALIAÇÃO DO MESOCARPO DO COCO VERDE PARA A REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS PRESENTES EM ÁGUAS RESIDUARIAS

Cynthia Sany França Xavier <sup>1</sup>  
Fernando Fernandes Vieira <sup>2</sup>

## RESUMO

Nesta pesquisa, o mesocarpo do coco verde foi utilizado como um bioadsorvente onde o mesmo foi triturado, seco e peneirado obtendo-se assim uma farinha com a finalidade de se avaliar o seu potencial no tratamento de águas residuárias, contendo corantes têxteis sintéticos. Em suma, por meio de todas as observações e dos resultados obtidos, pode-se constatar que a farinha do mesocarpo do coco mostrou-se um adsorvente atrativo, apresentando bons resultados, em torno de 53% de eficiência na redução do corante Tupy e se constituindo como uma boa opção para sua utilização como adsorvente por se tratar de um resíduo de fácil obtenção e manipulação, além de apresentar boa capacidade de remoção do corante têxtil Tupy bordô.

**Palavras-chave:** Mesocarpo do coco verde, Corantes têxteis, Adsorção.

## INTRODUÇÃO

O descarte inadequado de rejeitos gerados pelas indústrias é um dos grandes contaminadores dos recursos hídricos causando alterações nas condições naturais do meio onde são descartados e isso tem gerado uma grande preocupação aos ambientalistas, pois o rápido desenvolvimento tecnológico e científico das últimas décadas vem contribuindo significativamente para o aumento excessivo de poluentes, que em geral não podem ser assimilados pela natureza.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção – ABIT (2018), a indústria têxtil e de confecção brasileira destacam-se no cenário mundial o que pode ser comprovado através dos dados gerais do setor referente ao ano de 2017, onde teve um faturamento anual de US\$ 51,58 bilhões, as exportações sem fibra de algodão chegaram a US\$ 1,0 bilhão, enquanto as importações foram de US\$ 5,0 bilhões, além disso foram investidos no setor cerca de US\$ 3,1 milhões, onde foram produzidos aproximadamente 8,9 bilhões de peças na confecção e a produção média têxtil chegou a 1,3 milhão de toneladas. O setor chegou a empregar cerca de 1,5 milhão de empregados diretos e 8 milhões de indiretos, dos quais 75%

---

<sup>1</sup> Mestranda do Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [cynthiasany@gmail.com](mailto:cynthiasany@gmail.com);

<sup>2</sup> Professor orientador: Doutor, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [orientador@email.com](mailto:orientador@email.com).

são de mão de obra feminina, sendo o 2º maior empregador da indústria de transformação, perdendo apenas para alimentos e bebidas, juntos.

Apesar do setor têxtil brasileiro possuir grande potencial econômico, diversos segmentos industriais destacam-se no cenário ambiental como grandes poluidores. Além disso, representa um dos maiores consumidores de água do mundo, em que são necessários em média de 70 a 250 litros de água para produzir 1 Kg de tecido, sendo que 80% deste volume é descartado como efluente de composição bastante variada (SANTOS, BARCELLOS e PICCOLI, 2017).

Barcellos *et. al.* (2009) afirma que a indústria têxtil se destaca dentre as indústrias responsáveis pela geração desses rejeitos, pois além de consumir grandes quantidades de água e de insumos químicos, gera grandes volumes de efluentes ricos em matéria orgânica e ainda fortemente tingidos pelos corantes que não se fixaram à fibra dos tecidos.

O lançamento de substâncias químicas com potencial de toxicidade nos sistemas dá cor e afeta o valor estético dos corpos d'água gerando interferência na penetração da luz solar no meio aquático e com isso retarda a fotossíntese, inibe o crescimento da biótica aquática e interfere na solubilidade de gases em corpos d'água. Além disso, ao longo do tempo, alguns contaminantes vão entrando na cadeia alimentar dos organismos, o que representa um enorme risco à saúde e à biodiversidade. Pesquisas têm mostrado que algumas classes de corantes podem causar irritação na pele, nas vias aéreas e, se ingeridos, podem gerar substâncias com propriedades carcinogênicas e mutagênicas (BAZZO, 2015).

A fim de controlar os problemas causados pelo descarte de efluentes industriais, minimizando os impactos ambientais, as legislações têm se tornado mais restritivas e isso tem motivado a comunidade científica a desenvolver pesquisas visando buscar novos métodos de tratamento para águas residuais industriais.

Deste modo, métodos de remoção de corantes têm recebido importante atenção nos últimos anos e as principais técnicas disponíveis na literatura envolvem, principalmente, precipitação, degradação química, eletroquímica e fotoquímica, biodegradação, adsorção e outros (GUARATINI e ZANONI, 1999).

Entre as possibilidades de tratamento de águas residuais o processo de adsorção se destaca, pois tem sido considerado uma melhor técnica, se comparada com as demais, por possuir baixo custo, flexibilidade de operação e não sofrer influência da composição do efluente com relação a toxicidade e a degradabilidade (SANTOS, 2012).

O carvão ativado é o adsorvente mais adequado devido à sua ampla capacidade de adsorção decorrente de sua grande área superficial e sua estrutura microporosa. Contudo, Stroher *et al.* (2012) afirma que “o uso em grande escala de carvão ativado como adsorvente, eleva de forma significativa o custo final do tratamento”. Nesse sentido, tem-se investigado vários adsorventes com eficiência no tratamento de águas residuais e que sejam de baixo custo, derivados de resíduos agrícolas, industriais ou materiais naturais como alternativa ao uso do carvão ativado.

Dessa forma, o tratamento de efluentes utilizando resíduos agrícolas e de agroindústrias vem sendo testado a fim de ajudar as empresas a se enquadrarem adequadamente aos padrões das leis ambientais vigentes, de tal modo que os resíduos gerados sejam aceitáveis pelos padrões exigidos, sem encarecer o processo produtivo, e, principalmente sem causar danos ambientais (SILVA, 2012).

Devido a contínua contaminação do meio ambiente pelos efluentes têxteis todos os procedimentos que visem um controle, prevenção e a recuperação de áreas contaminadas são importantes.

Portanto, o presente trabalho objetiva produzir um pó obtido a partir da secagem do mesocarpo do coco verde e avaliar seu potencial como adsorvente para remoção do corante Tupy, cor bordô, de efluentes de indústria têxtil, por meio do estudo do planejamento experimental.

## **METODOLOGIA**

A análise de remoção do corante Tupy, cor bordô, pelo mesocarpo do coco verde foi desenvolvida no Laboratório de Pesquisa em Ciências Ambientais (LAPECA) pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

A biomassa utilizada neste trabalho foi o mesocarpo do coco verde, coletado em depósitos de lixo de lanchonetes e restaurantes na cidade de Campina Grande - PB. Após a coleta, realizou-se a separação do mesocarpo das demais camadas do coco, cortando-o em pedaços uniformes de aproximadamente 1cm de comprimento com o intuito de se ter um material homogêneo durante a secagem. Em seguida, a mesma foi lavada por três vezes em um recipiente contendo 4,0L de água destilada para a retirada de possíveis impurezas e posto para secar a 60°C em estufa convencional de secagem de marca Odontobras, modelo 1.0. Em

seguida, o mesocarpo foi triturado e classificado através de uma peneira de análise granulométrica de 0,250 mm (Tyler 60).

Para a realização dos experimentos de adsorção foram preparadas soluções estoque contendo 2.000 mg.L<sup>-1</sup> do corante Tupy de cor bordô. A partir desta solução estoque foram preparadas soluções de trabalho com diluições em água destilada.

Inicialmente, determinou-se o comprimento de onda no qual o composto a ser quantificado absorve o máximo de radiação onde a absorbância máxima foi obtida no comprimento de onda de 520nm. Em seguida foi construída uma curva de calibração utilizando solução de corante Tupy com diferentes concentrações num intervalo de 0 a 200 mg.L<sup>-1</sup>.

Com o intuito de avaliar o processo de adsorção do mesocarpo do coco verde foi empregada a técnica de planejamento experimental, do tipo fatorial em todas as possíveis combinações de níveis dos fatores e cada um desses experimentos em que o sistema em estudo é submetido a um conjunto de níveis definido é um ensaio experimental.

Foram avaliadas as influências da massa do material adsorvente, do tempo de mistura, da concentração e do pH das soluções do corante Tupy, para um volume de 25 mL de solução de corante, de acordo com os valores descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis e níveis estudados no planejamento fatorial completo 2<sup>4</sup>.

| VARIÁVEIS                        | NÍVEIS       |             |              |
|----------------------------------|--------------|-------------|--------------|
|                                  | INFERIOR (-) | CENTRAL (0) | SUPERIOR (+) |
| Massa adsorvente (g)             | 0,2          | 0,3         | 0,4          |
| Concentração do corante (mg.L-1) | 100          | 150         | 200          |
| Tempo (min)                      | 30           | 45          | 60           |
| pH                               | 4            | 5           | 6            |

Fonte: Própria autoria (2017).

Dessa forma foi realizado um planejamento fatorial completo 2<sup>4</sup>, acrescido de 1 ponto central realizado em triplicata, totalizando 19 experimentos. Os ensaios foram mantidos sob agitação de 120 rpm em temperatura ambiente. Após o tempo de contato estabelecido, as amostras foram peneiradas e em seguida separadas por centrifugação com uma rotação de 2500rpm pelo período de 30min, as concentrações do corante nas soluções foram determinadas por espectrofotometria UV-VIS, no comprimento de máxima absorção de luz do corante Tupy®. A porcentagem de redução do corante e a quantidade de corante adsorvida por massa de adsorvente utilizada foram calculadas pela Equação 1 e Equação 2, respectivamente.

$$\%Red = \frac{C_o - C_t}{C_o} \cdot 100\% \quad (\text{Equação 1})$$

$$q_t = \frac{V \cdot (C_o - C_t)}{m} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

- %red é a porcentagem de redução da concentração do corante (%);
- $q_t$  é a quantidade de corante adsorvido pelo bagaço ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ );
- $C_o$  é a concentração inicial do corante colocada em contato com o adsorvente ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ );
- $C_t$  é a concentração do corante em um instante de tempo  $t$  ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ );
- $m$  é a massa do adsorvente em base seca (g) e
- $V$  é o volume da solução do corante (L).

A influência das variáveis independentes foi avaliada utilizando a análise estatística com o auxílio do *software* STATISTICA, disponibilizado pelo Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA/UEPB).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos foi possível observar que a combinação adsorvente/adsorbato mais eficaz no processo de adsorção é a que apresenta massa do adsorvente de 0,2 mg, concentração do corante de  $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , tempo de agitação de 60 minutos e pH 4, comprovado pela faixa de redução de corante de 53,37%, sendo a maior dentre os experimentos.

A Figura 1, representada pelo gráfico de Pareto, apresenta as influências das variáveis independentes (massa, concentração, pH e tempo) na variável resposta (quantidade de corante adsorvida –  $q_t$ ).

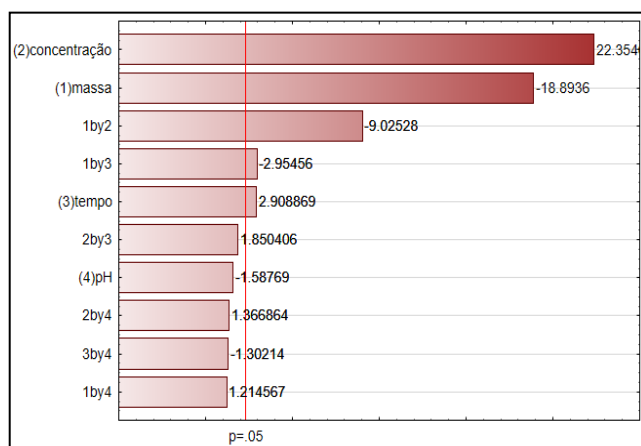
Os cálculos dos efeitos dos fatores e as interações entre eles demonstraram que apenas os efeitos principais concentração, tempo e massa do adsorvente e os efeitos de interação entre massa do adsorvente *versus* concentração e massa *versus* tempo de contato são significativos nos níveis estudados.



O valor do efeito principal massa foi negativo, ou seja, elevando-se a massa do adsorvente de 0,2 para 0,4 g ocorrerá uma diminuição na quantidade adsorvida.

Os valores dos efeitos principais concentração do adsorvente e tempo de contato foram positivos, o que significa que a medida em que se aumenta a concentração de 100 para 200 mg.L<sup>-1</sup> a resposta da quantidade adsorvida aumenta, o mesmo ocorre quando se aumenta o tempo de contato de 30 para 60 minutos.

Figura 1 - Gráfico de Pareto - efeitos para quantidade adsorvida (qt).



Fonte: Própria autoria (2017).

A partir dos dados experimentais foi obtido um modelo empírico (Equação 3), por meio do *software* STATISTICA, capaz de prever a quantidade adsorvida (qt) do mesocarpo do coco verde para o corante Tupy, dentro do intervalo de estudo.

$$qt = -4,5232 + 0,0892 * c - 0,2174 * m * c - 0,2372 * m * t \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

*qt*: quantidade adsorvida (mg.g<sup>-1</sup>).

*c*: concentração (mg.L<sup>-1</sup>).

*m*: massa do adsorvente (g).

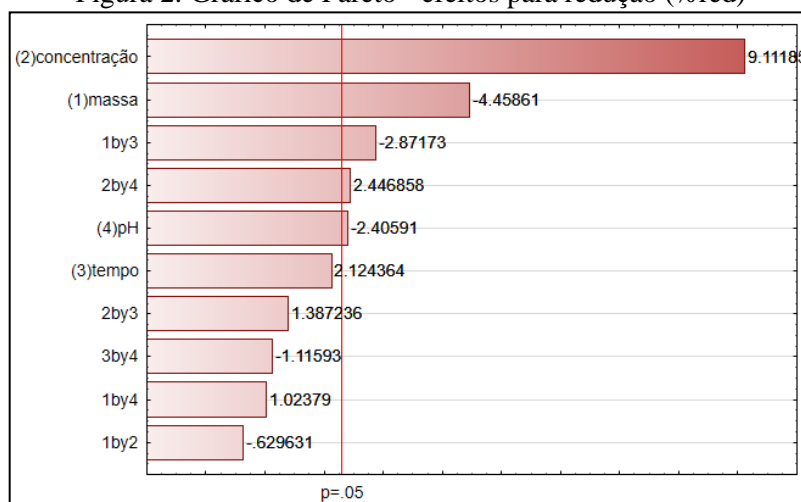
*t*: tempo (min).

Observa-se pela Equação 3 que o segundo termo representou uma influência positiva da quantidade de concentração do corante sobre a quantidade adsorvida, ou seja, à medida que se

umenta a concentração de corante obtém-se um elevado valor de *qt*. Este fato pode ser observado pelo fato do trabalho ter sido desenvolvido dentro da faixa de condições ótimas.

Tratando-se da porcentagem de redução de corante, os cálculos dos efeitos dos fatores e as interações entre eles demonstraram que apenas os efeitos principais concentração, pH e massa do adsorvente e os efeitos de interação entre massa do adsorvente *versus* tempo de contato e concentração *versus* pH são significativos nos níveis estudados, como podemos observar na Figura 2.

Figura 2: Gráfico de Pareto - efeitos para redução (%red)



Fonte: Autor, 2017

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os parâmetros da análise de variância para os ajustes do modelo tendo como variáveis dependentes a quantidade de corante adsorvida e o percentual de redução de corante, respectivamente, podendo verificar se o modelo proposto é significativo, preditivo ou se apresenta falta de ajuste.

Tabela 1: ANOVA e coeficiente de determinação do planejamento fatorial tendo como variável dependente o *qt*

| Fonte de Variação | Soma Quadrática | Graus de liberdade | Média Quadrática | Fcalc (95%) | Ftab (95%) | Fcalc/Ftab  | R <sup>2</sup> |
|-------------------|-----------------|--------------------|------------------|-------------|------------|-------------|----------------|
| <b>Regressão</b>  | 224,2672        | 15                 | 14,9511          | 24,16       | 3,28738    | <b>7,35</b> |                |
| <b>Resíduo</b>    | 1,8566          | 3                  | 0,6189           |             |            |             |                |
| <b>Total</b>      | 226,1238        | 18                 |                  |             |            |             | 0,9917         |

Fonte: Autor, 2017

Tabela 3: ANOVA e coeficiente de determinação do planejamento fatorial tendo como variável dependente o percentual de redução do corante (%red)

| Fonte de Variação | Soma Quadrática | Graus de liberdade | Média Quadrática | F <sub>calc</sub> (95%) | F <sub>tab</sub> (95%) | F <sub>calc</sub> /F <sub>tab</sub> | R <sup>2</sup> |
|-------------------|-----------------|--------------------|------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------------|----------------|
| <b>Regressão</b>  | 1095,109        | 15                 | 73,0071          | 3,33                    | 3,287                  | <b>1,01</b>                         |                |
| <b>Resíduo</b>    | 65,738          | 3                  | 21,9127          |                         |                        |                                     |                |
| <b>Total</b>      | 1160,847        | 18                 |                  |                         |                        |                                     | 0,9428         |

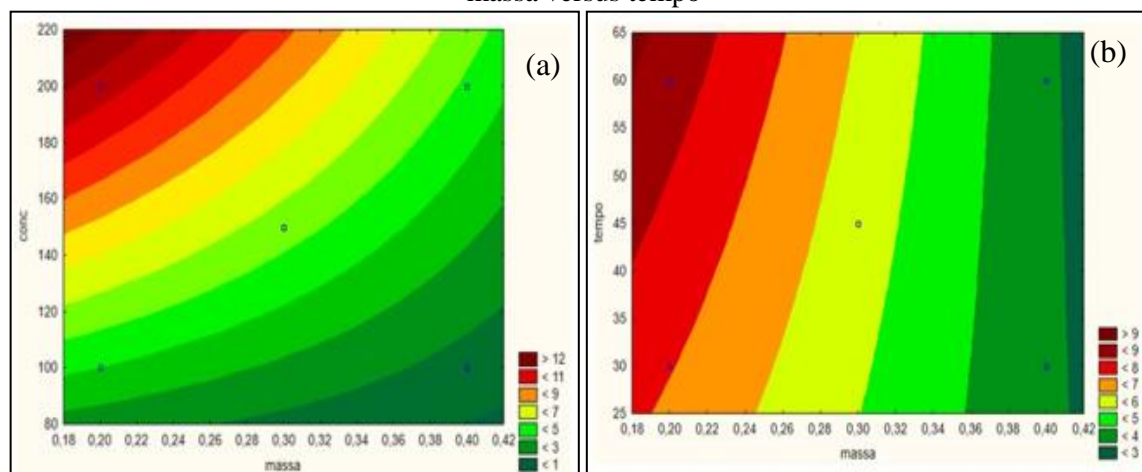
Fonte: autor, 2017

Comparando os valores de F calculado e F tabelado verifica-se que o modelo para resposta de qt é estatisticamente significativo, pois a razão Fcalculado por Ftabelado para regressão está acima de 1, em ambos os casos, ao nível de confiança de 95%. Portanto, o modelo proposto é válido para o processo de adsorção de corantes têxteis.

Mesmo o modelo sendo significativo, ele não é preditivo, pois, a razão Fcalculado por Ftabelado para a regressão não foi maior que 10, portanto o modelo não é significativo para realizar previsões.

Curvas de contorno também foram construídas no intuito de facilitar o entendimento do processo, objetivando saber como e quais parâmetros afetam significativamente a adsorção como pode ser observado nas Figuras 3 e 4.

Figura 3: Gráfico de contorno para a variável qt: (a) relação massa versus concentração, (b) relação massa versus tempo



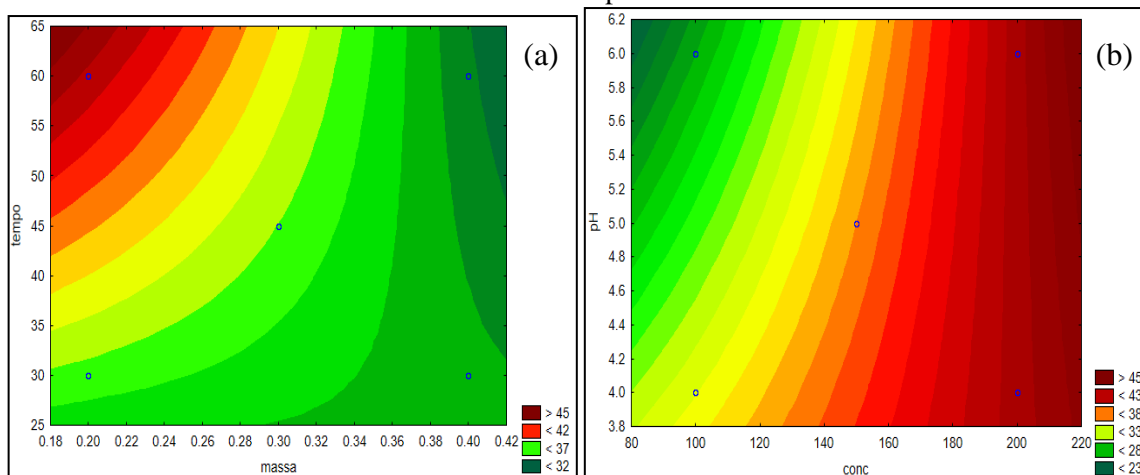
Fonte: Autor, 2017

Na Figura 3(a) temos as curvas de contorno com relação massa-concentração onde pode-se constatar que a maior quantidade adsorvida (qt) pode ser obtida para maiores valores de concentração e menores valores de massa do adsorvente. É importante mencionar que a



relação massa *versus* tempo, apresentado na Figura 3(b) também foi significativo para a remoção do efluente, no entanto em menor quantidade que a relação massa *versus* concentração.

Figura 4: Gráfico de contorno para % red: (a) relação massa versus tempo, (b) relação concentração versus pH



Fonte: autor, 2017

Na Figura 3(a), está representado as curvas de contorno com relação massa-tempo verificando que a maior porcentagem de redução do corante ocorre para maiores tempos de contato e menores quantidades de massa do adsorvente. Além disso, embora o pH tenha bastante influência sobre a adsorção de corantes, como verificado em várias literaturas, como a faixa de pH utilizada nos experimentos foi pequena a influência sobre a remoção do corante não foi tão significativa para os níveis estudados, como mostra a figura 3(b).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na secagem do mesocarpo do coco verde, em estufa com circulação de ar forçada, a temperatura de 60°C foi ideal para o processo de secagem tornando o produto final com melhores características para o uso no processo de adsorção.

Após a realização do processo de secagem do mesocarpo do coco verde e de sua aplicação na remoção do corante têxtil Tupy, cor bordô, verificamos que o pó do mesocarpo é um adsorvente eficaz e tem um grande potencial de adsorção no tratamento de efluentes contendo corantes têxteis. A eficiência, para concentrações de 200 mg.L<sup>-1</sup>, pode alcançar até 53,37% de remoção do corante em curto tempo de contato (60 minutos).

A absorvência máxima do corante Tupy ocorreu no comprimento de onda máximo igual a 520 nm e pelo método de planejamento experimental pode-se concluir que as variáveis que mais influenciam no processo de adsorção são a concentração do corante, a massa do adsorvente e o tempo de contato. As melhores relações entre a remoção do corante e a capacidade de adsorção do adsorvente foram obtidas quando o valor da concentração do corante foi igual a 200 mg.L<sup>-1</sup>, o valor da massa do adsorvente igual a 0,2 g em um tempo de 60 minutos.

A partir de todas essas observações podemos concluir que a farinha do mesocarpo do coco verde em condições operacionais controladas mostrou-se um adsorvente atrativo, por se tratar de um resíduo de fácil obtenção e manipulação, além de apresentar boa capacidade de remoção do corante têxtil Tupy bordô, em torno de 53% de eficiência na redução do corante.

## REFERÊNCIAS

- ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Perfil do Setor. Disponível em: < <http://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor> >. Acesso em 16 de dezembro de 2018.
- BARCELLOS, I. O.; GIOVANELLA, R. F.; CHIARELLO, L. M.; BLOSFELD, A. M. Remoção de cor de soluções de corantes reativos com cinza de casca de arroz. **Dynamis Revista Técnico Científica**, n. 2, v. 15, p. 1-6, 2009.
- BAZZO, A. **Aplicação e caracterização do caroço de abacate (*Persea americana mil*) como adsorvente na remoção do corante violeta cristal**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 71 p. Porto Alegre, RS, 2015.
- GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis: Revisão. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 71–78, 1999.
- SANTOS, D, V, M; **Reuso do bagaço de cana-de-açúcar na purificação de efluentes contaminados por óleos diesel utilizando sistema de adsorção em leito diferencial**. Monografia. Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, PB, 2012.
- SANTOS, V. L. V. F. dos; BARCELLOS, I. O.; PICCOLI, H. H. Pre-alveamento de materiais têxteis com ozônio e avaliação de suas propriedades de superfície, físicas e tintoriais. Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, 2017.
- SILVA, R. C. O; OLIVEIRA, R; ROCHA, R. D. C. **Utilização de casca de jaboticaba (*Plinia sp.*) como adsorvente na remoção de cromo (VI): Planejamento fatorial, cinética e estudo de equilíbrio**. **TECNO-LÓGICA**, v. 16, n. 1, p. 19-24, 2012.
- STROHER, A. P.; MENEZES, M. L.; FIORENTIN, L. D.; PEREIRA, N. C. **Utilização do bagaço de laranja no tratamento de efluente proveniente da lavagem de jeans**. **E-Xacta**, v. 5, n. 1984, p. 27–37, 2012.