



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102021001329-0 A2



(22) Data do Depósito: 25/01/2021

(43) Data da Publicação Nacional: 09/08/2022

(54) **Título:** PROCESSO DE OBTENÇÃO DE BIORSORVENTE DE SEMENTE RESIDUAL DE AÇAÍ E PRODUTO OBTIDO

(51) **Int. Cl.:** B01J 20/30; B01J 20/22; C02F 1/28; C02F 101/30; C02F 103/30.

(52) **CPC:** B01J 20/30; B01J 20/22; B01J 2220/485; C02F 1/286; C02F 2101/308; (...).

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ; UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ.

(72) **Inventor(es):** CHARLES WINDSON ISIDORO HAMINIUK; RAQUEL ROSSETTO; GISELLE MARIA MACIEL; ISABELA DE ANDRADE ARRUDA FERNANDES; TATIANI ANDRESSA MODKOVSKI; MATHEUS ARAÚJO SEMIÃO.

(57) **Resumo:** PROCESSO DE OBTENÇÃO DE BIORSORVENTE DE SEMENTE RESIDUAL DE AÇAÍ E PRODUTO OBTIDO. O presente pedido de patente de invenção apresenta a produção de um material biossorvente através da moagem da semente de açaí residual do despulpamento, quimicamente modificada. O método visa à utilização deste resíduo agroindustrial para a remoção de corantes presentes em efluentes industriais. Embora não apresente uma estrutura com alta porosidade, a composição da semente é rica em lignina e celulose e apresenta grupos funcionais, como carbonila e hidroxila, os quais favorecem o processo de biossorção para a remoção dos contaminantes presentes no efluente. Além disso, o tratamento com ácido clorídrico fornece uma modificação química que favorece o aumento da capacidade de adsorção. Assim sendo, o uso da semente residual de açaí como biossorvente é considerada uma alternativa para valorizar esse subproduto gerado em grandes quantidades, promovendo um processo de baixo custo para remoção de corantes e minimização dos impactos ambientais causados pelo descarte de efluentes industriais em corpos hídricos.

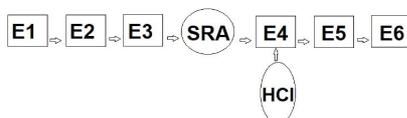


Figura 1

PROCESSO DE OBTENÇÃO DE BIOSSORVENTE DE SEMENTE RESIDUAL DE AÇAÍ E PRODUTO OBTIDO

Campo da Invenção

[001].A presente invenção se refere à produção de um novo bioissorvente produzido a partir da semente de açaí residual do despulpamento modificada quimicamente com ácido clorídrico e sua aplicação na remoção de corantes em efluentes industriais através de mecanismos de bioissorção. O campo de aplicação está inserido na grande área das Ciências Agrárias e se volta à Engenharia, Ciência e Tecnologia de Ambiental, mais especificamente na área de Biotecnologia e Reaproveitamento de Resíduos Industriais.

Fundamentos da Invenção e Estado da Técnica

[002]. O efluente gerado pela indústria têxtil é considerado perigoso devido à composição tóxica e coloração da água residual. Os corantes apresentam dificuldades para serem degradados e a remoção desses compostos requer diversas etapas de tratamento. A adsorção é um método eficaz na solução desse problema ambiental. A utilização de resíduos industriais e agrícolas (serragem, casca de frutas e cereais) como bioissorvente é considerada uma técnica promissora e de baixo custo, tendo em vista que os subprodutos são gerados em grandes quantidades e normalmente não possuem destinação com valoração econômica (Idan et al., 2017).

[003].A composição química do bioissorvente é uma das principais características que afetam a adsorção, em geral os resíduos de plantas são utilizados pois apresentam alto teor de celulose e a presença de grupos funcionais, como a hidroxila (OH) ou a carbonila (COOH), que favorecem a adsorção (Tran et al., 2015). Nesse contexto, a grande quantidade de sementes de açaí resultante do processo de despulpamento da fruta gera anualmente toneladas de resíduo (Rufino et al., 2011), sendo necessário novas possibilidades de uso para que deixam de ser passivos ambientais. A semente apresenta em sua composição principalmente carbono e oxigênio (96-98%), e outros componentes como nitrogênio, silício e potássio também foram identificados. A composição da semente rica em celulose apresenta

características da superfície as quais sugerem que esse subproduto possa ser considerado na adsorção para tratamento de efluentes (Martins et al., 2009).

[004].Os tratamentos, físicos e químicos, auxiliam na melhora da exposição e ativação de sítios ativos do bioissorvente. Os tratamentos físicos incluem vácuo e liofilização, uso de ruptura mecânica. Os métodos químicos incluem o tratamento com vários reagentes orgânicos e inorgânicos, tais como ácidos, bases, metanol ou formaldeído, por exemplo (Wang and Chen, 2006). Dessa maneira, a presente invenção propõe pela primeira vez o uso da semente de açaí para redução da coloração de efluente têxtil. Além disso, foi realizado um tratamento ácido que resultou no aumento da capacidade adsorptiva da biomassa.

[005].No atual estado da técnica ressaltam algumas anterioridades que relatam o uso de resíduos agroindustriais como bioissorventes para tratamento de águas residuais.

[006].Gonçalves Junior et al. (2016) investigaram a capacidade da semente do açaí como bioissorvente para a remoção de Cu^{2+} e Zn^{2+} em soluções de água. A caracterização estrutural do bioissorvente identificou a existência de lignina e celulose. Os resultados demonstraram que o uso do endocarpo do açaí como bioissorvente é uma alternativa para o tratamento de águas contaminadas.

[007].Gao et al. (2011) investigaram a bioissorção do vermelho ácido 14 e vermelho reativo 15 utilizando okara tratado com ácido. O bioissorvente demonstrou ser eficiente e de baixo custo para a remoção dos corantes estudados.

[008].Safa and Bhatti (2011) propuseram o uso de resíduos de casca de arroz para a remoção de Direct Red-31 e Direct Orange-26 em soluções aquosas. Os resultados indicaram que a casca de arroz é um bioissorvente promissor para remoção dos corantes. O baixo pH e a redução do tamanho de partícula de bioissorvente favoreceram a bioissorção.

[009].Farah et al. (2007) propuseram o uso de leveduras secas para a remoção do corante azul básico Astrazone. O bioissorvente apresentou maior

capacidade de adsorção (70 mgg^{-1}) em comparação com o carvão ativado comercial ($18,5 \text{ mgg}^{-1}$) a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ e pH 7.

[010].Ponnusami et al. (2006) investigaram a bioadsorção do vermelho reativo em solução aquosa em casca de arroz tratada com ácido nítrico. Os resultados provaram que o bioadsorvente é eficaz na remoção do corante reativo com redução da cor de até 96,33 e 95,65% em 1 h de contato de soluções aquosas com concentrações iniciais de 50 e 250 mgL^{-1} , respectivamente.

[011].A anterioridade BR102017001570 (tratamento de águas e efluentes líquidos por meio de um bioadsorvente produzido a partir dos frutos de pinheiro-casuarina) trata do uso de um bioadsorvente produzido com tratamento térmico (pirólise da biomassa) e ativação química e sem tratamento térmico com lavagem com ácido fluorídrico a partir dos frutos do pinheiro-casuarina para remoção de contaminantes (corantes, metais pesados, óleos e graxas) de águas e efluentes.

[012].A anterioridade BR102013027755 (processo de produção de bioadsorventes a partir de resíduos fibrosos e celulósicos naturais para purificação do biodiesel, óleo e gordura. bioadsorventes obtido e uso do bioadsorventes obtido) descreve um processo de produção de um bioadsorvente a partir de resíduos fibrosos e celulósicos proveniente de vegetais comestíveis e não comestíveis, principalmente os remanescentes da coleta de alimentos, os quais seriam destinados ao aterro sanitário, lixão ou aterro controlado.

[013].A anterioridade BR102017001445 (uso de um bioadsorvente produzido a partir de sementes de mangaba para remoção de contaminantes de águas e efluentes líquidos) trata do uso de um bioadsorvente produzido a partir de sementes de mangaba para remoção de contaminantes (corantes, metais pesados, óleos e graxas) de águas e efluentes líquidos por meio do processo de adsorção. O bioadsorvente foi produzido por tratamento térmico a $600 \text{ }^\circ\text{C}$ e modificado fisicamente quanto a sua estrutura granulométrica.

[014].A anterioridade CN104338516A (Biological absorbent and preparation method, and method for using biological absorbent to remove malachite green dye in waste water) utiliza lascas de madeira de cânfora como

biossorvente para remoção do corante verde malaquita em efluentes. São realizados tratamentos de eluição, secagem, trituração e peneiração para obtenção do biossorvente.

[015].A anterioridade CN105170109A (Bio-adsorbent for treating dyewastewater and preparation method therefor and application thereof) fornece um biossorvente para o tratamento de águas residuais de corantes e um método de preparação para do mesmo. O biossorvente contém as matérias: resíduos de fungos comestíveis, resíduos de broto de bambu, casca de pomelo e folhas de chá. O preparo do biossorvente consiste em um tratamento com solução alcalina, seguido por um tratamento com solução ácida e posteriormente por uma solução alcoólica, por fim é realizado no biossorvente tratamento assistido por ondas ultrassônicas. O biossorvente tratado é lavado com água até que ele seja neutro e seco e triturado.

[016].A anterioridade CN104874363A (Epoxychloropropane modified peanut shell bio-adsorbent as well as preparation method and application thereof) descreve um biossorvente de casca de amendoim modificado com cloreto de epóxi, bem como um método de preparação e aplicação do mesmo. O adsorvente é obtido através de etapas de lavagem, homogeneização do tamanho de partículas e tratamento químico. Os resultados demonstraram que para o corante fucsina e a taxa de adsorção é superior a 95%; o método divulgado pela invenção é usado para remover o corante fucsina, a operação é simples, o custo é baixo, evita a poluição secundária e a aplicação industrial pode ser realizada.

[017].A anterioridade CN109482156A (Preparation method of modified corn cob bioadsorbent and product and application thereof) relata um método de modificação com ácido cítrico da espiga de milho para tratamento de água. o processo aumenta a resistência física do adsorvente modificado, a quantidade de grupos funcionais de superfície e também o efeito de adsorção das espigas de milho é aprimorado de maneira eficaz.

[018].A anterioridade CN106076277A (Bio-adsorbent prepared from fresh ginger waste and preparing method and application thereof) divulga um

bioadsorvente preparado a partir de resíduos de gengibre fresco e um método de preparação e aplicação dos mesmos. Os resíduos sólidos (caules e folhas) são secos ao sol, esmagados e aplicados diretamente, ou modificados quimicamente através de um reagente alcalino ou citrato de sódio ou citrato de potássio. O bioadsorvente pode ser aplicado para remoção de corantes orgânicos e íons de metais pesados, como íons de chumbo e íons de cobre no esgoto.

[019].A anterioridade CN102908994A (Preparation method and application of dye adsorbent) relata um método para a preparação de um bioadsorvente a partir de agulhas de cedro. As agulhas do cedro são secas e trituradas, utiliza-se etanol para desengordurar e remover o pigmento orgânico, e as agulhas são lavadas com tampão fosfato e depois precipitadas, secas e peneiradas para preparar o adsorvente para remover o corante. De acordo com a invenção, o processo de preparação do adsorvente biológico é simples. Comparado com outros adsorventes tradicionais, o adsorvente de corante tem um custo mais baixo e maior eficiência de adsorção. Além disso, os cedros são árvores comuns de rua e árvores de observação de jardins, de modo os materiais são suficientes e os problemas de alto custo, muito tempo e poluição secundária devido ao uso reciclado do adsorvente podem ser resolvidos.

[020].A anterioridade CN106000346A (Bio-adsorbent prepared by taking *Salvia miltiorrhiza* Bge. Waste and preparation method and application of bio-adsorbent) descreve um bioadsorvente preparado com resíduos de *Salvia miltiorrhiza* e um método de preparação e aplicação do bioadsorvente. Os resíduos sólidos (folhas do caule) são secos ao ar e triturados e, em seguida, aplicados diretamente ou são utilizados após serem quimicamente modificados por um agente alcalino ou ácido cítrico (sódio e potássio). O bioadsorvente preparado pode efetivamente adsorver e remover corantes orgânicos e íons de metais pesados, como chumbo e cobre no esgoto.

[021].A anterioridade CN109482155A (Preparation method of modified sunflower seed shell bioadsorbent and product and application thereof) refere-se a um método de preparação de um bioadsorvente de casca de semente de girassol modificado e um produto e uma aplicação do

mesmo. O método de preparação compreende na modificação através da adição de etileno diamina, água destilada e carbonato de sódio. Além disso, as águas residuais são tratadas com as cascas das sementes de girassol, para que o custo do tratamento das águas residuais possa ser reduzido de maneira eficaz, e muitos recursos verdes de cavacos na técnica anterior também podem ser utilizados e, portanto, um novo caminho para uma abrangente é fornecida a utilização de resíduos agrícolas.

[022].A anterioridade CN102908995A (Method and application for preparing simple, eficiente and inexpensive dye adsorbent) propõe um método para preparar um bioissorvente das folhas de *Bischofia javanica* modificado com etanol e tampão fosfato para remover pigmentos e impurezas solúveis. O método para preparar o adsorvente é simples comparado com outros adsorventes convencionais, o adsorvente é de baixo custo e alto em eficiência de adsorção.

[023].A anterioridade CN103566905A (Modified wood chip adsorbent, and preparation method and application thereof in treating waste water containing basic dye) descreve um adsorvente de aparas de madeira modificado e um método de preparação e uma aplicação do adsorvente de aparas de madeira modificado no tratamento de águas residuais contendo corante básico. O bioissorvente é modificado com ácido orgânico (ácido oxálico, ácido cítrico ou ácido tartárico), passando por uma reação de esterificação, remoção de ácido orgânico e secagem. O adsorvente de aparas de madeira modificado são simples e fáceis de obter, a quantidade de adsorção e taxa de remoção são altas. O bioissorvente modificado pode ser aplicado ao tratamento de águas residuais, especialmente tratamento em águas residuais de corantes alcalinos.

[024].A anterioridade CN103551124A (Preparation method for adsorbent for treating dye wastewater) divulga um método de preparação para um adsorvente para o tratamento de águas residuais de corante e particularmente divulga um método de preparação para um adsorvente de biomassa para o tratamento de águas residuais de corante aniônico. O adsorvente é preparado com bagaço de cana-de-açúcar quimicamente modificado, realizando tratamento de ativação e oxidação de álcalis e, em

seguida, enxertando um polímero de poliamidoaminahiper ramificado. O adsorvente preparado tem as características de ser bom em estabilidade, bom em efeito de adsorção, amplo alcance de aplicação e similares, e pode ser usado no tratamento de águas residuais de corantes aniônicos. Considerando as águas residuais de corante vermelho do Congo, por exemplo, a capacidade de adsorção do vermelho do Congo e a eficiência de adsorção do adsorvente atingem, respectivamente, 240 mgg⁻¹e 97%.

[025].A anterioridade CN108525645A (Preparationandapplicationofwalnutmodifiedadsorbent) divulga um método para remover pigmentos em águas residuais usando nozes como um adsorvente. O biossorvente é preparado com nozes trituradas as quais passam por um tratamento alcalino com hidróxido de sódio e posteriormente um tratamento com ácido cítrico. O adsorvente biológico divulgado pela apresenta alta eficiência de adsorção quando comparado com outros adsorventes convencionais

[026].A anterioridade CN105090500A relata o uso de folhas de Zizania aquática para tratamento de águas contendo azul de metileno. A invenção apresenta as vantagens de que a folha de adsorvente Zizania aquática é um resíduo agrícola produzido em grande quantidade, preço barato e sem toxicidade e pode ser usada sem tratamento especial. Além disso o método para adsorção de azul de metileno pelo biossorvente é simples e viável, e possui tempo de adsorção curto, fácil separação do adsorvente e bom efeito de adsorção.

[027].A anterioridade CN104014313A fornece um adsorvente melhorado da casca de trigo. O adsorvente de casca de trigo aprimorado é processado por casca de trigo e um material de modificação, o qual pode ser isopropanol-NaOH, peróxido de hidrogênio e ácido isopropanol-cítrico. Pesquisas de adsorção em vários corantes específicos, incluindo vermelho do Congo e verde de pavão, são realizadas e um resultado de experimento mostra que, depois que as cascas de trigo são modificadas, o efeito da adsorção sobre os poluentes é bastante aprimorado. Uma pesquisa de modificação nas cascas de trigo possivelmente fornece uma nova maneira de aplicar as cascas de trigo como um adsorvente de

tratamento de água e fornece um novo conceito e um novo processo para o tratamento de águas residuais. O adsorvente melhorado da casca de trigo tem uma perspectiva de aplicação muito ampla.

[028].A anterioridade CN104801284A trata da preparação de um adsorvente a partir de casca de amendoim quimicamente modificado para remoção do corante vermelho alizarina. A modificação química é feita utilizando soluções de epóxicloropropano e hidróxido de sódio. O adsorvente preparado pode melhorar a resistência física da casca de amendoim, tem um bom efeito de adsorção no corante vermelho alizarina e tem uma taxa de adsorção superior a 30%. O método é simples de operar e de baixo custo, não possui poluição secundária.

[029].A anterioridade BRPI0703218A (Processo de obtenção da fibra da casca de arroz modificada, fibra da casca de arroz modificada e uso da fibra de casca de arroz modificada) trata da modificação da casca de arroz com o organossilano amino-propil-trietóxi-silano para a adsorção reversível de íons metálicos. O biossorvente pode ser aplicado tanto em processos de pré-concentração como no tratamento de efluentes aquosos. A fibra da casca de arroz modificada também pode ser utilizada na correção de pH em efluentes aquosos ácidos, uma vez que a presença da mesma possibilita o aumento do pH do meio.

[030].A anterioridade CN110124614A divulga um adsorvente de resíduo de café para o tratamento de águas residuais têxteis industriais. O adsorvente de resíduo de café é preparado a partir de resíduos de café, cascas de café e diatomita como matérias-primas através de lavagem e filtragem, secagem (carbonização primária), pirólise, carbonização (carbonização a baixa temperatura), lavagem, precipitação, ativação, enxágue para remoção de ácido (carbonização terciária), secagem, modelagem e similares. As borras de café são resíduos de extração de café instantâneo e resíduos de fabricação de café. O adsorvente de resíduo de café é de baixo custo. A invenção fornece uma nova maneira de remover resíduos coloridos em fábricas têxteis e corantes.

[031].A anterioridade WO/2014/012134 (Biosorbent for heavy metal removal) trata de um biossorvente que compreende pelo menos uma casca de melancia, bagaço de cana e grama de jardim. De preferência, todos os três estão presentes em quantidades sinérgicas. Também são previstos métodos de remoção de toxinas de um material, remediação de terrenos e adsorção de metal/s de um material como águas residuais.

[032].A anterioridade BR 10 2018 067282 7 ("Processo de obtenção de manana, manano-oligossacarídeos e manose a partir de sementes de palmeiras do gênero euterpe) relata a obtenção de manose a partir do processo de catálise da semente de açaí.

[033].Embora existam diversas anterioridades relatando novos biossorventes, esse é o primeiro trabalho que propõe o uso da semente de açaí para tratamento de efluentes coloridos, além disso, o tratamento ácido provou promover um aumento significativo na eficiência do processo. A obtenção do biossorvente possibilita o uso de um resíduo agroindustrial produzido em grandes quantidades, sem a necessidade de elevado gasto energético nem alto investimento tecnológico. Sendo uma alternativa de baixo custo e fácil acesso.

Descrição da abordagem do problema técnico

[034].A grande geração de efluentes proveniente do tingimento de tecidos gera constante preocupação em relação ao meio ambiente. O efluente gerado apresenta elevada carga de corante e alto potencial tóxico. Nesse contexto, métodos de tratamento mais eficientes e com menor custo são estudados continuamente. A biossorção é uma técnica promissora, pois além de remover grandes quantidades de corantes e produtos tóxicos ainda reduz um outro passivo ambiental que são os resíduos provenientes da agroindústria.

[035].A semente do açaí representa cerca de 90% do fruto o qual apenas 10% é composto pelo produto principal, a polpa. O aumento do consumo da polpa de açaí faz com que anualmente milhões de toneladas de sementes sejam descartadas de maneira incorreta, gerando uma grande quantidade de resíduo sólido. Entretanto, o presente estudo indicou pela primeira vez que a semente de açaí apresenta características em sua superfície que são capazes de

adsorver corantes em solução aquosa. Além disso, a modificação ácida do bioissorvente melhora a capacidade de adsorção, promovendo uma remoção do corante de 30 a 40% maior em relação ao bioissorvente não tratado.

[036]. Sendo assim, a remoção de corantes com semente de açaí quimicamente modificadas apresenta como vantagens um processo simples, rápido, de baixo custo e alta eficiência. Além disso, não há geração de produtos secundários após o processo de bioissorção.

Descrição dos desenhos

[037]. A invenção será descrita em forma de metodologia e as referências serão feitas aos fluxogramas anexos, representados por:

[038]. Figura 1: Fluxograma do preparo da semente residual de açaí (bioissorvente) e da modificação química da mesma com ácido clorídrico.

[039]. Figura 2: Capacidade de adsorção para dois corantes em sementes de açaí sem tratamento (ST) e com tratamento ácido (AT) em diferentes valores de pH de solução. NOTA: qe: Capacidade de bioissorção; AY: Corante amarelo ácido; AR: Corante vermelho ácido; ST: Sem tratamento; AT: Tratamento com ácido.

[040]. Figura 3: Capacidade de adsorção de dois corantes com solução unitária e binária em diferentes concentrações ao longo do tempo para o bioissorvente com tratamento ácido. Nota: AR MIX 10: Solução binária com 10 mg L⁻¹ de corante vermelho ácido; AY MIX 10: Solução binária com 10 mg L⁻¹ de corante amarelo ácido; AR 10: Solução única com 10 mg L⁻¹ de corante vermelho ácido; AR 50: Solução única com 50 mg L⁻¹ de corante vermelho ácido; AY 10: Solução única com 10 mg L⁻¹ de corante amarelo ácido; AY 50: Solução única com 50 mg L⁻¹ de corante amarelo ácido; AR 20: Solução única com 20 mg L⁻¹ de corante vermelho ácido; AY 20: Solução única com 20 mg L⁻¹ de corante amarelo ácido.

[041]. Figura 4: Capacidade de adsorção de dois corantes com solução unitária e binária em diferentes temperaturas para o bioissorvente com tratamento ácido. Nota: qe: capacidade de bioissorção de equilíbrio; Ce: Concentração de equilíbrio da solução; AY: Solução única de corante amarelo

ácido; AR: Solução única de corante vermelho ácido; AY MIX: Solução binária de corante amarelo ácido; AR MIX: Solução binária de corante vermelho ácido.

Descrição detalhada da Invenção

[042]. PROCESSO DE OBTENÇÃO DE BIOSSORVENTE DE SEMENTE RESIDUAL DE AÇAÍ E PRODUTO OBTIDO, objeto desta solicitação de Patente de Invenção, compreende o seguinte procedimento, representado pela Figura 1. A semente de açaí residual do processo de despulpamento é coletada (E1) e lavada com água para completa retirada dos resíduos, na proporção 2:1. Em seguida, realiza-se a secagem do material lavado em estufa até remoção de 90% da umidade (E2). Posteriormente, ocorre a moagem em triturador e moinho de facas seguido de peneiramento do material seco em peneiras com MESH < 80 (0,2 mm) para diminuição e homogeneização do tamanho das partículas (E3) e obtenção da semente de açaí residual seca (SRA). Mistura-se a semente residual de açaí com ácido clorídrico 1 molL^{-1} na proporção 1:1 com agitação em shaker por 24 horas a 120 rpm seguida de centrifugação 7000 rpm (E4), lavagem com água na proporção 2:1 e nova centrifugação, removendo e descartando o sobrenadante (E5). Realiza-se então a liofilização do biossorvente lavado para remoção da umidade até obter um produto na forma de pó (cerca de 72 horas) (E6). O biossorvente se apresenta na forma de pó seco, coloração marrom claro.

Exemplos

[043]. O uso da semente residual do despulpamento do açaí foi proposto como um novo biossorvente para remoção de dois corantes da indústria têxtil, *AcidYellow* (AY) ($\text{C}_{20}\text{H}_{17}\text{N}_4\text{NaO}_5\text{S}$ - MM 448,43 g mol⁻¹) e *AcidRed* (AR) ($\text{C}_{23}\text{H}_{25}\text{N}_4\text{NaO}_6\text{S}_2$ - MM 540,59 g mol⁻¹).

[044]. Preparou-se uma solução mãe contendo 1000 mg L⁻¹ de cada corante e a partir dessa foram realizadas as diluições necessárias para cada etapa. Utilizou-se o método colorimétrico para quantificação da concentração de corante em solução (espectro fotômetro UV-M51 BEL Engineering, Monza, MB, Italy).

[045]. Os valores do pH da solução corante (20 mg L^{-1}) foram ajustados utilizando solução de ácido clorídrico $0,1 \text{ M}$ e hidróxido de sódio $0,1 \text{ M}$. A solução de corante (10 mL) com os diferentes valores de pH ($\text{pH}_{\text{solução}}$ 1,0; 3,0; 5,0 e 7,0) foram adicionados aos frascos contendo $0,05 \text{ g}$ da biomassa e agitados a 100 rpm durante 180 minutos ($T 20 \text{ }^\circ\text{C}$). O aumento do pH resultou em uma diminuição da capacidade de bioadsorção para os dois corantes estudados, principalmente para o bioadsorvente sem tratamento. O tratamento ácido resultou em um efeito positivo na bioadsorção dos corantes AY e AR. Observou-se que 53% do corante amarelo foi removido pela bioadsorção com a semente sem tratamento (ST) no tempo de 180 minutos (100 rpm ; $\text{pH } 3$ e $20 \text{ }^\circ\text{C}$). Enquanto, nessa mesma condição de operação, observou-se uma remoção de 77% para adsorção com o bioadsorvente após tratamento ácido (AT). Resultado semelhante foi encontrado para o corante AR (180 minutos ; $\text{pH } 3$; $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e 100 rpm), o bioadsorvente sem tratamento reduziu 46% do corante em solução e após a modificação química mais de 61% do corante foi removido, resultando em um aumento de 32% na capacidade de bioadsorção.

[046]. Em Erlenmeyers de 50 mL foram inseridos $0,05 \text{ g}$ do bioadsorvente e adicionados 10 mL da solução corante (10 e 50 mg L^{-1}). Os frascos foram mantidos em uma incubadora com agitação de 100 rpm a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ nos tempos de $1, 5, 15, 45, 60, 120$ e 180 min . As amostras foram coletadas e centrifugadas a 6000 rpm durante 10 min e o sobrenadante foi utilizado para a quantificação espectrofotométrica da concentração final de corante em solução. A cinética de bioadsorção foi avaliada para a solução contendo cada um dos corantes e foi verificado que mais de 50% da carga foi removida nos primeiros 15 minutos . Além disso, em soluções menos concentradas (10 mg L^{-1}) foi observado uma redução de mais de 80% na concentração das soluções.

[047]. As isotermas foram construídas em diferentes concentrações ($10, 20, 30, 40$ e 50 mg L^{-1}), utilizando os dados de tempo de equilíbrio fornecidos pelos ensaios de cinética para as temperaturas de $20, 30$ e $40 \text{ }^\circ\text{C}$. As amostras foram centrifugadas a 6000 rpm durante 10 min e o sobrenadante foi utilizado para a quantificação da concentração de corante na solução final. O aumento da

temperatura foi positivo quando avaliado para as condições de 20, 30 e 40 °C, resultando em uma maior capacidade de bioadsorção a 40 °C.

[048]. A semente de açaí demonstrou grande potencial para a remoção de corantes têxteis pelo método de bioadsorção, principalmente após o tratamento ácido, que resultou no aumento da remoção dos corantes da solução. A variação do pH indicou que a adsorção ocorre de maneira mais favorável em meio ácido.

[049]. A capacidade de adsorção da semente de açaí quimicamente tratada (10-15 mg/g) é compatível com a capacidade da casca de arroz (10-25 mg/g), outro resíduo da agroindústria. Entretanto, o tempo necessário para atingir o equilíbrio de adsorção utilizando semente de açaí como bioadsorvente (45 minutos) é muito menor ao comparar com o uso da casca de arroz (180 minutos) (Safa and Bhatti, 2011).

[050]. Embora existam algumas aplicações para a semente residual do despulpamento do açaí, o uso como bioadsorvente apresenta como principal vantagem um método simples, fácil e de baixo custo.

Referências

- Farah, J.Y., El-gendy, N.S., Farahat, L.A., 2007. Biosorption of Astrazone Blue basic dye from an aqueous solution using dried biomass of Baker ' s yeast. J. Hazard. Mater. 148, 402–408. doi:10.1016/j.jhazmat.2007.02.053
- Gao, J., Wang, J., Yang, C., Wang, S., Peng, Y., 2011. Binary biosorption of Acid Red 14 and Reactive Red 15 onto acid treated okara: Simultaneous spectrophotometric determination of two dyes using partial least squares regression. Chem. Eng. J. 171, 967–975. doi:10.1016/j.cej.2011.04.047
- Gonçalves Junior, A.C., Coelho, G.F., Schwantes, D., Rech, A.L., Campagnolo, M.Â., Miola, A.J., 2016. Biosorption of Cu (II) and Zn (II) with açaí endocarp *Euterpe oleracea* M. in contaminated aqueous solution. Acta Sci. Technol. 38, 361. doi:10.4025/actascitechnol.v38i3.28294
- Idan, I.J., Nurul, S., Binti, A., Abdullah, L.C., Shean, T., Choong, Y., 2017. Removal of Reactive Anionic Dyes from Binary Solutions by Adsorption onto Quaternized Kenaf Core Fiber 2017.
- Martins, M.A., Henrique, L., Mattoso, C., Dalton, J., Pessoa, C., 2009.

COMPORTAMENTO TÉRMICO E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS FIBRAS DE MESOCARPO E CAROÇO DO AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart .) 1. Rev. Bras. Frutic. 1150–1157.

- Ponnusami, V., Krithika, V., Madhuran, R., Srivastava, S.N., 2006. Biosorption of reactive dye using acid-treated rice husk : Factorial design analysis. *J. Hazard. Mater.* 142, 397–403. doi:10.1016/j.jhazmat.2006.08.040
- Rufino, M. do S.M., Pérez-Jiménez, J., Arranz, S., Alves, R.E., de Brito, E.S., Oliveira, M.S.P., Saura-Calixto, F., 2011. Açai (*Euterpe oleraceae*) “BRS Pará”: A tropical fruit source of antioxidant dietary fiber and high antioxidant capacity oil. *Food Res. Int.* 44, 2100–2106. doi:10.1016/j.foodres.2010.09.011
- Safa, Y., Bhatti, H.N., 2011. Kinetic and thermodynamic modeling for the removal of Direct Red-31 and Direct Orange-26 dyes from aqueous solutions by rice husk. *Desalination* 272, 313–322. doi:10.1016/j.desal.2011.01.040
- Tran, V.S., Ngo, H.H., Guo, W., Zhang, J., Liang, S., Ton-That, C., Zhang, X., 2015. Typical low cost biosorbents for adsorptive removal of specific organic pollutants from water. *Bioresour. Technol.* 182, 353–363. doi:10.1016/j.biortech.2015.02.003
- Wang, J., Chen, C., 2006. Biosorption of heavy metals by *Saccharomyces cerevisiae*: A review. *Biotechnol. Adv.* 24, 427–451. doi:10.1016/j.biotechadv.2006.03.001

REIVINDICAÇÕES

1. PROCESSO DE OBTENÇÃO DE BIOSSORVENTE DE SEMENTE RESIDUAL DE AÇAÍ caracterizado por:

- a) coleta da semente de açaí residual do despulpamento, lavagem com água na proporção 2:1 até a remoção de todas as impurezas com descarte da água de lavagem (E1);
- b) secagem do material lavado em estufa até redução de 90% da umidade (E2);
- c) moagem em triturador e moinho de facas e peneiramento do material seco em peneiras com MESH <80 (0,2 mm) (E3) para obtenção da semente de açaí residual seca (SRA);
- d) mistura da semente residual de açaí com ácido clorídrico 1 mol/L (1:1) com agitação por 24 horas a 120 rpm seguida de centrifugação a 7000 rpm (E4);
- e) lavagem com água na proporção 2:1 e nova centrifugação, removendo e descartando o sobrenadante (E5);
- f) secagem do bioissorvente lavado em liofilizador durante 72 horas (E6).

2. BIOSSORVENTE DE SEMENTE RESIDUAL DE AÇAÍ, caracterizado por ser utilizado para tratamento de efluentes industriais através de mecanismos de bioissorção para remoção de corantes têxteis, até uma concentração de 200 mg/L com pH inferior a 6,5.

3. BIOSSORVENTE DE SEMENTE RESIDUAL DE AÇAÍ, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por apresentar melhor adsorção em condições mais ácidas, e com corantes das cores entre amarelo e vermelho.

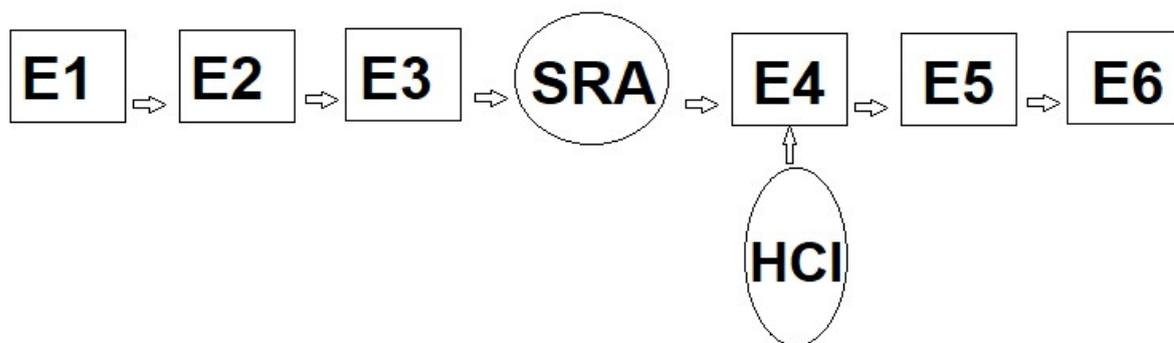


Figura 1

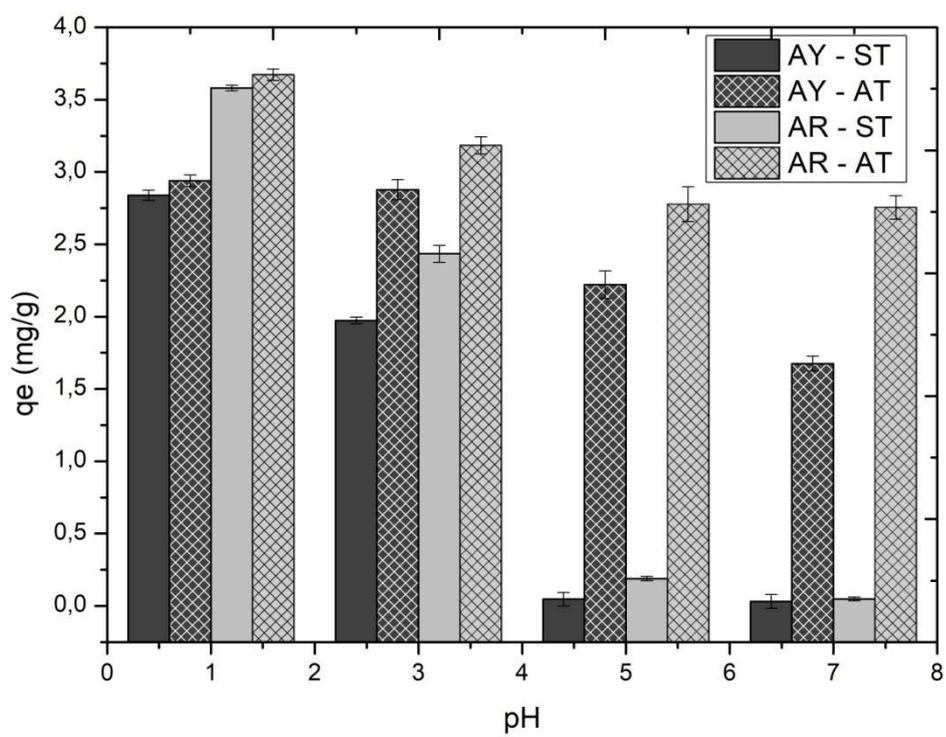


Figura 2

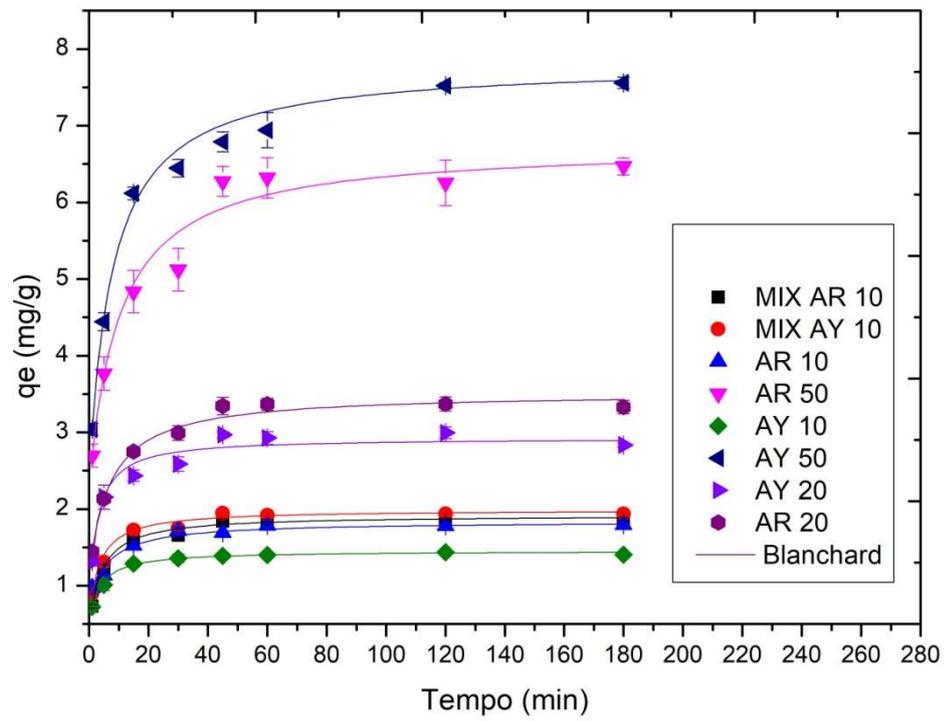


Figura 3

RESUMO
PROCESSO DE OBTENÇÃO DE BIOSSORVENTE DE SEMENTE
RESIDUAL DE AÇAÍ E PRODUTO OBTIDO

O presente pedido de patente de invenção apresenta a produção de um material biossorvente através da moagem da semente de açaí residual do despulpamento, quimicamente modificada. O método visa à utilização deste resíduo agroindustrial para a remoção de corantes presentes em efluentes industriais. Embora não apresente uma estrutura com alta porosidade, a composição da semente é rica em lignina e celulose e apresenta grupos funcionais, como carbonila e hidroxila, os quais favorecem o processo de biossorção para a remoção dos contaminantes presentes no efluente. Além disso, o tratamento com ácido clorídrico fornece uma modificação química que favorece o aumento da capacidade de adsorção. Assim sendo, o uso da semente residual de açaí como biossorvente é considerada uma alternativa para valorizar esse subproduto gerado em grandes quantidades, promovendo um processo de baixo custo para remoção de corantes e minimização dos impactos ambientais causados pelo descarte de efluentes industriais em corpos hídricos.