



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CENTRO CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
QUÍMICA INDUSTRIAL

EWELLYN SILVA SOUZA

**ESTUDO DO PODER ADSORTIVO DO RESÍDUO GERADO
DO PROCESSAMENTO DE POLPAS DA ACEROLA**

CAMPINA GRANDE – PB

2018

EWELLYN SILVA SOUZA

**ESTUDO DO PODER ADSORTIVO DO RESÍDUO GERADO
DO PROCESSAMENTO DE POLPAS DA ACEROLA**

*Trabalho de Conclusão de Curso
(TCC) apresentado como exigência
para obtenção do Título de
Graduação em Química Industrial da
Universidade Estadual da Paraíba –
UEPB.*

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz

CAMPINA GRANDE – PB

2018

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S719e Souza, Ewellyn Silva.
Estudo do poder adsorptivo do resíduo gerado do processamento de polpas da acerola [manuscrito] / Ewellyn Silva Souza. - 2018.
53 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.
"Orientação : Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz ,
Coordenação do Curso de Química Industrial - CCT."
1. Bioadsorção . 2. Resíduos naturais. 3. Purificação de resíduos . 4. Sustentabilidade. I. Título
21. ed. CDD 634.6

EWELLYN SILVA SOUZA

**ESTUDO DO PODER ADSORTIVO DO RESÍDUO GERADO
DO PROCESSAMENTO DE POLPAS DA ACEROLA**

*Trabalho de Conclusão de Curso
(TCC) apresentado como exigência
para obtenção do Título de Bacharel
em Química Industrial pela
Universidade Estadual da Paraíba –
UEPB*

Aprovado em: 24/08/2018.

BANCA EXAMINADORA

Márcia Ramos Luiz

Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz

(Orientadora – DESA / UEPB)

Marcello Maia de Almeida

Profa. Dra. Marcello Maia de Almeida

(Examinador – DESA / UEPB)

Adna de Alcântara e Souza Bandeira

Prof. Dra. Adna de Alcântara e Souza Bandeira

(Examinador – DQ / UEPB)

Campina Grande – PB

À Deus primeiramente, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, por ter dado a mim toda sabedoria e discernimento necessário durante toda esta caminhada. À minha família, por estarem ao meu lado em todos os momentos, por toda compreensão, paciência e apoio, para chegar diante da conclusão de mais uma etapa em minha vida. Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, meu principal guia ao longo dessa caminhada. Sem sua orientação eu jamais conseguiria!!!

À minha família, pela capacidade de acreditar e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram, em alguns momentos, a esperança para seguir, sua presença significou segurança e certeza de que não nunca estive sozinha. Agradeço também ao meu companheiro, Widson que esteve sempre de uma forma especial me encorajando, dando força e apoiando nos momentos de dificuldades. Obrigada pela paciência, pelo incentivo e principalmente pelo carinho.

Agradeço à minha orientadora que esteve presente desde o projeto de pesquisa da Universidade Estadual da Paraíba até a conclusão de curso a Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz, por tamanha paciência na orientação, incentivo e confiança ao longo das supervisões das minhas atividades que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

A banca examinadora pelas contribuições sugeridas.

Aos meus amigos de turma, Felipe, Esdras, Raquel, Gutemberg e Renan, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. Obrigada pela compreensão e paciência que durante a graduação, vocês estiveram sempre presentes ajudando com as tarefas decorridas, sempre dando apoio. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhora tudo o que tenho produzido na vida.

Agradeço a Felipe, Fernanda, Alidyane, Tania e Osana pelo apoio no laboratório durante as análises, onde me ajudaram e apoiaram durante todo período.

Aos meus colegas de trabalho e de curso pelo convívio, pelo apoio, pela compreensão e pela amizade.

A todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento profissional e pessoal. E a todos envolvidos direta ou indiretamente.

RESUMO

O Brasil é considerado um grande produtor e gerador de resíduos no segmento de fruticultura. O aproveitamento total dos alimentos vem sendo adotado por ser uma prática sustentável ecologicamente correta, devido à eficaz utilização dos recursos naturais. Os resíduos orgânicos podem ser reaproveitados, reduzindo os índices de impactos ambientais. A utilização de biomassas geradas de resíduos agrícolas como adsorventes apresenta-se como alternativa aos métodos convencionais de adsorção para purificação de corpos d'água contaminados. Esse trabalho visa buscar alternativa de reaproveitamento na forma de biomassa do resíduo da acerola. A técnica empregada para reutilização deste resíduo foi a secagem convectiva em estufa com circulação de ar e posterior adsorção para utilização em processo de separação e purificação eficaz no tratamento de efluentes com poluentes orgânicos. Empregou-se misturas com variadas concentrações de água/gasolina e tempo. Foram realizadas avaliações cinéticas, isoterma de equilíbrio e aplicação ao sistema em leito diferencial. No estudo da cinética de adsorção, foram realizados 3 experimentos, cada uma com 12 amostras de soluções com 8,6 mL; 12,0 mL e 15,6 mL de gasolina com 40mL de água. A isoterma de equilíbrio foi obtida, a partir de 10 concentrações do agente contaminante variando entre 5 a 50%. No sistema de adsorção em leito diferencial, realizou-se dois ensaios com concentrações de 5,0 e 10,0% do agente contaminante, percorrendo um tempo de até 60 minutos. Os resultados na cinética de adsorção descreveu que o bagaço adsorveu entre 45 e 80% do total do seu contaminante, em um curto tempo. Para a isoterma de equilíbrio obteve-se capacidade máxima de adsorção de 11,0 mL/g. E no sistema em leito diferencial, os estudos apresentaram resultados bastante satisfatórios em torno de 99,0% onde o bagaço adsorveu quase toda a gasolina, mostrando ser um adsorvente de grande potencial de composto orgânico para o sistema, simulando assim derrame do contaminante em corpos aquáticos garantindo uma boa performance.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento; bioadsorção; bagaço; leito.

ABSTRACT

Brazil is considered a great producer and generator of waste in the fruticulture segment. The complete exploitation of foods has been adopted by virtue of being an ecologically correct sustainable practice, due to the efficient usage of natural resources. The organic waste can be repurposed, reducing the environmental impact indexes. The usage of biomasses generated from agricultural waste as adsorbent presents itself as an alternative to the conventional methods of adsorption for purification of contaminated water bodies. This work aims to find an alternative to the repurposing of biomass from acerola waste. The technique used to reuse this residue was the convective drying in an oven with circulation of air and subsequent adsorption for use in a process of separation and effective purification in the treatment of effluents with organic pollutants. Mixtures with varying concentrations of water / gasoline and time were employed. Kinetic evaluations, equilibrium isotherm and application to the differential bed system were performed. In the study of adsorption kinetics, three experiments were performed, each with 12 solution samples with 8.6 mL; 12.0 mL and 15.6 mL of gasoline with 40 mL of water. The equilibrium isotherm was obtained from 10 concentrations of the contaminating agent ranging from 5 to 50%. In the adsorption system in the differential bed, two tests were carried out with concentrations of 5.0 and 10.0% of the contaminating agent, covering a time of up to 60 minutes. The results in the adsorption kinetics described that the bagasse adsorbed between 45 and 80% of the total of its contaminant, in a short time. For the equilibrium isotherm, a maximum adsorption capacity of 11.0 mL / g was obtained. And in the differential bed system, the studies presented satisfactory results around 99.0%, where the bagasse adsorbed almost all of the gasoline, showing to be an adsorbent of great potential of organic compound for the system, thus simulating the contaminant spillage in bodies guaranteeing a good performance.

KEY WORDS: *treatment; bioadsorption; bagasse; bed.*

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Morfologia da Acerola	17
Figura 2. Resíduo da Acerola	18
Figura 3. Etapas da cinética de adsorção.....	22
Figura 4. Formas possíveis de isotermas de adsorção	24
Figura 5.Representação do leito diferencial	25
Figura 6. Resíduo triturado pronto para secagem	27
Figura 7. Balança Semi-analítica	28
Figura 8. Estufa de Circulação	28
Figura 9.Triturador Industrial.....	29
Figura 10. Sistema de Peneiras	30
Figura 11. Amostra para determinação da umidade	30
Figura 12. Estufa de secagem TECNAL TE 393/2	31
Figura 13. Balança de Infravermelho.....	32
Figura 14. Mesa Agitadora da Nova Técnica	32
Figura 15. Amostras na mesa de agitação.	33
Figura 16. Reservatório de Vidro	35
Figura 17.Tela de Alumínio	35
Figura 18. Tela com camada de biomassa.....	36
Figura 19.Mistura de água/contaminante.....	36
Figura 20.Contato da biomassa com água/contaminante	37
Figura 21. Cinética da Secagem do resíduo úmido da acerola (b.s.)	38
Figura 22. Curva da cinética de adsorção do resíduo da acerola com 15,6ml de gasolina.	39
Figura 23.Curva da cinética de adsorção do resíduo da acerola com 12 ml de gasolina.	40
Figura 24.Curva da cinética de adsorção do resíduo da acerola com 8,6ml de gasolina.	40
Figura 25. Amostras de isotermas de e equilíbrio	41
Figura 26.Isoterma de adsorção para adsorção de gasolina	41
Figura 27.Percentual da adsorção da gasolina para concentração de 5,0%.....	42
Figura 28.Percentual da adsorção da gasolina para concentração de 10,0%	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Delineamento Composto Central (DCC) - utilizou-se um planejamento fatorial 2^2 com três repetições no ponto central.-----	29
Tabela 2. Variação das concentrações e tempo-----	33
Tabela 3. Variação de concentração água/gasolina.-----	34
Tabela 4. Variação de concentração do leite diferencial.-----	35

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1.	OBJETIVOS	11
1.1.1.	Objetivo Geral	11
1.1.2.	Objetivos Específicos	11
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1.	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL POR CONTAMINANTE ORGÂNICO	11
2.1.1.	Impactos em corpos d'água por derivados de hidrocarbonetos	13
2.1.2.	Fontes de Contaminação	14
2.2.	RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	15
2.3.	ACEROLA	16
2.4.	SECAGEM	18
2.5.	ADSORÇÃO	19
2.5.1.	Cinética de Adsorção	21
2.5.2.	Isoterma de Equilíbrio	22
2.5.3.	Adsorção em Leito Diferencial	25
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1.	LOCAL DE ESTUDO	27
3.2.	MATÉRIA PRIMA	27
3.3.	PREPARAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA PARA O PROCESSAMENTO ...	27
3.4.	SECAGEM CONVECTIVA	27
3.5.	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE INICIAL	30
3.5.1.	Umidade em estufa	30
3.5.2.	Umidade no Infravermelho	31
3.6.	ADSORÇÃO	32
3.6.1.	Cinética de Adsorção	32
3.6.2.	Isoterma de Equilíbrio	34
3.6.3.	Leito Diferencial	34
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1.	SECAGEM CONVECTIVA	38
4.2.	CINÉTICA DE ADSORÇÃO	39
4.3.	ISOTERMAS DE EQUILÍBRIO	40
4.4.	LEITO DIFERENCIAL	42
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
	REFERÊNCIAS	46

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido como um dos grandes produtores mundiais no segmento de fruticultura, devido à sua elevada produção. Parte dessa produção é destinada ao processamento em agroindústrias onde são gerados diversos subprodutos e resíduos agroindustriais. A disposição dos resíduos gerados nestes setores está se transformando em um sério problema ambiental. Apesar de uma parte ser utilizada para fins diversos, uma grande quantidade ainda permanece sem utilização.

Esses resíduos podem conter muitas substâncias de alto valor nutritivo e conter ainda, alto teor de fibras. Estes materiais, geralmente constituídos de cascas, caroço, sementes e bagaço, podem servir de fonte de matéria orgânica, proteínas, enzimas, carboidratos, lipídeos, vitaminas e fibras, além de substâncias antioxidantes (NUNES *et al.*, 2015).

Algumas frutas tropicais como acerola, manga, maracujá, abacaxi e caju, se enquadram neste contexto, já que são amplamente difundidas e valorizadas. Dentre as frutíferas do Nordeste que merecem destaque por sua produção e volume de resíduos gerados estão o caju (*Anacardium occidentale*), o maracujá (*Passiflora edulis*), o melão (*Cucumis melo*), o abacaxi (*Ananas comosus* L.), a acerola (*Malpighia emarginata* ou *Malpighia glabra*) e urucum (*Bixa orellana* L.) (INFANTE *et al.*, 2013).

A conversão desses resíduos para produtos mais nobres agregaria valor econômico, ajudaria a reduzir o custo de descarte dos resíduos (GONÇALVES; NAKAMURA; VEIT, 2014).

A contaminação química da água a partir de uma ampla gama de poluentes orgânicos e inorgânicos, tais como metais tóxicos, BTEX, desencadeou a necessidade de desenvolver tecnologias no intuito de remover esses poluentes. Essas substâncias, que geralmente oferecem resistência a métodos de degradação biológica ou não são removidas efetivamente por métodos de tratamento físico-químicos (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Adsorção é um dos processos mais eficientes de tratamento de águas e águas residuárias, sendo empregadas nas indústrias a fim de reduzir dos efluentes os níveis de compostos tóxicos ao meio ambiente (MOREIRA, 2008).

O estudo da cinética de adsorção descreve a velocidade em que o adsorbato é adsorvido pelo adsorvente, ou seja, corresponde ao transporte do adsorbato pela camada limitante até a entrada dos poros do adsorvente (AMORIM, 2016).

E a forma mais frequente de se investigar o tipo de interação existente entre soluto e adsorvente é através da realização de isotermas de adsorção que correspondem a representações gráficas que relacionam a concentração do soluto adsorvido por unidade de superfície com a concentração de soluto em solução quando a adsorção atinge o equilíbrio, a temperatura constante (SILVA, 2014).

Por esta razão, a adsorção tem ganhado importância como uma técnica de grande potencial para o tratamento de efluentes industriais, principalmente devido à utilização de bioadsorventes, onde são obtidos de subprodutos da agricultura. Dessa forma, algumas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o propósito de aproveitamento de resíduos da agroindústria como adsorventes em processos de separação por adsorção e muitos estudos têm comprovado a eficiência destes adsorventes.

O sucesso da adsorção como processo de separação depende da escolha do material adsorvente e da otimização das variáveis do processo (RUTHVEN, 1984).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Verificar a viabilidade do poder adsorptivo do resíduo gerado no processamento de polpa de acerola aquáticos contaminados com gasolina.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar o processo de secagem convectiva.
- Estudar a cinética no processo de adsorção do sistema bagaço/efluente. Obter as isotermas de adsorção.
- Estudar o sistema em leito diferencial.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL POR CONTAMINANTE ORGÂNICO

A preocupação com o meio ambiente tem se tornado um questionamento bastante relevante para a sociedade, devido a busca crescente de recursos para industrialização e desenvolvimento econômico do Brasil, sendo por esse motivo alvo de muitos debates, discussões e estudos em todo o mundo. Estudos estes que visam soluções e técnicas mais sustentáveis de tratamento que auxiliem no controle (remoção ou redução) de poluentes de áreas contaminadas (SZPAK, 2013).

Os problemas de degradação ambiental têm sido verificados e comprovados por profissionais da área, tanto no meio rural como no urbano nas mais diversas modificações no meio ambiente, tais como: degradação do solo pela erosão; degradação do ambiente pela poluição das águas e do ar; via agrotóxicos; contaminação de alimentos (MARQUES, 2013).

Impacto ou degradação do meio ambiente é definido segundo a CONAMA através da Resolução nº001, de 1986, como qualquer alteração física, química ou biológica a ele causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (CARVALHO, 2014).

Para Hammes (2002), impacto ambiental, é o conjunto de efeitos sobre os diversos componentes ambientais, que corresponde aos aspectos do meio físico, social, econômico, político e cultural, relacionados à presença do homem. Caracterizando-se pela alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, podendo assim ser positivo ou negativo.

Segundo Oliveira (2004), quando ocorre uma alteração física no ambiente, de forte efeito visual, causada pelo homem, tem-se uma condição de degradação. Quando se tratar de presença de substâncias ou elementos estranhos ao ambiente, tornando-o impróprio às formas de vida que normalmente abriga, significa a existência de um processo de poluição, evidenciada por simples análise visual, exemplificada pela presença de esgotos domésticos em mananciais, visível, também, pela cor escura da água e pelo forte odor. Tratando-se de uma condição em que existe a presença de

substância estranha em um determinado compartimento ou ser vivo (solo, água, ar, plantas e animais) tem-se a contaminação. Como exemplos de contaminação, tem-se a presença de agrotóxicos e produtos químicos diversos, em concentrações prejudiciais à saúde e ao meio ambiente.

Combustíveis fósseis, como gasolina e óleo diesel, sempre formaram a principal matriz energética para a movimentação de veículos à combustão interna. Entretanto, apesar da aceitação do uso destes tipos de combustíveis e da existência dos postos de abastecimento em áreas urbanas, não elimina o fato de que estes produtos são constituídos por algumas substâncias altamente poluentes e perigosas (FINOTTI, 2003).

Os efeitos para a contaminação em corpos d'água por hidrocarbonetos variam, dependendo do composto. E pode representar um risco para os ecossistemas aquáticos e para a saúde humana. Alguns hidrocarbonetos são carcinogênicos o que pode, portanto, aumentar o risco de desenvolvimento de câncer. Outros são tóxicos e podem causar diversos efeitos à saúde humana e aos organismos aquáticos (CARVALHO, 2014).

2.1.1. Impactos em corpos d'água por derivados de hidrocarbonetos

A contaminação de águas subterrâneas por derivados de petróleo tem merecido atenção cada vez mais intensa nos meios acadêmicos e empresariais no Brasil, após ter se revelado um dos mais graves problemas ambientais em países mais industrializados (THIEM *et al.*, 1994).

Essa contaminação causa degradação ambiental e as consequências são inúmeras e até irreversíveis, afetando ecologicamente, socialmente e economicamente, tendo como consequências prejuízos à saúde humana.

Aproximadamente 90% da composição do petróleo é uma mistura complexa de hidrocarbonetos, o restante é constituído por compostos orgânicos sulfurados, nitrogenados, oxigenados e organometálicos. A gasolina é constituída de uma mistura de hidrocarbonetos voláteis, cujos componentes majoritários são cadeias ramificadas de parafinas, cicloparafinas e compostos aromáticos, incluindo benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX) (FINOTTI, 2009).

A gasolina é constituída por hidrocarbonetos mais leves (cadeias com 5 a 12 átomos de carbono) enquanto o óleo diesel contém uma proporção maior de hidrocarbonetos um pouco mais pesados (6 a 22 átomos de carbono) (NETO, 2007). Dessa maneira, a gasolina apresenta maior solubilidade, maior volatilidade e menor viscosidade que o óleo diesel, fatores esses que, somados, conferem à gasolina uma maior mobilidade no solo e, conseqüentemente, um maior potencial de impacto ambiental.

Dos hidrocarbonetos que os constituem os que causam maior preocupação são os compostos aromáticos, principalmente o benzeno, o tolueno, o etilbenzeno e os xilenos (orto, meta e para), por serem eles os mais solúveis e os mais tóxicos entre os demais. Esses compostos (comumente denominados BTEX) são poderosos depressores do sistema nervoso central, apresentando toxicidade crônica, mesmo em pequenas concentrações, segundo as normas apresentadas na Portaria nº 36, de 19 de Janeiro de 1990 do Ministério da Saúde (CONSEUIL *et al.*, 1999).

Em um derramamento de gasolina, uma das principais preocupações é a contaminação de aquíferos que sejam usados como fonte de abastecimento de água para consumo humano. Dentre os BTEX, o benzeno é considerado o mais tóxico com padrão de potabilidade de 10 mg/l. Trata-se de uma substância comprovadamente cancerígena, sua concentração dissolvida em água em contato com gasolina pode chegar a 30.000 ppb (ANDRADE, 2010).

2.1.2. Fontes de Contaminação

A descarga de águas residuais contendo óleo no meio ambiente aumenta a cada ano. Esses óleos encontrados em águas contaminadas podem ser gorduras, lubrificantes, hidrocarbonetos pesados (alcatrão, graxa, óleos crus e óleo diesel) e hidrocarbonetos leves (querosene, querosene de aviação e gasolina) (NETO, 2015).

As principais fontes industriais de contaminação incluem refinarias de petróleo, fabricação e usinagem de metais e alimentos processados. A contaminação da água pode ocorrer com o petróleo livre ou flutuante derramado no mar, assim como na forma de emulsões óleo em água.

Das possíveis fontes de lançamento de derivados de petróleo para o meio ambiente, constituem no alvo de maior preocupação os postos distribuidores de combustíveis. Devido a maior dispersão por todo o território nacional e quantidade de combustível estocada, de modo que se derramada no solo, pode ser suficiente para inviabilizar o consumo de milhões de metros cúbicos de água (FILHO, 2013).

A ocorrência ou não de vazamentos de Tanque de Armazenamento Subterrâneo só é identificada, na maioria dos casos, quando uma fonte de captação de água é contaminada (SILVA, 2002). Dessa forma quando ocorre, as atenções estão voltadas para a contaminação do lençol freático para a presença dos hidrocarbonetos monoaromáticos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX) na água utilizada para o abastecimento da população (CORSEUIL e ALVAREZ, 1996).

2.2. RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Nas últimas décadas, os problemas ambientais, tem se tornado cada vez mais críticos e frequentes, principalmente devido ao desmedido crescimento populacional e ao aumento da atividade industrial (GREEN PEACE, 2016).

Um dos maiores desafios com que se defronta a sociedade moderna é o equacionamento da geração excessiva e da disposição final ambientalmente segura destes resíduos. A preocupação mundial em relação aos resíduos tem aumentado ante o crescimento da produção, do gerenciamento inadequado e da falta de áreas de disposição final (JACOBI; BESEN, 2011).

A disposição final dos resíduos nas atividades agroindustriais é geralmente um problema ambiental, estes resíduos possuem baixo ou nenhum valor econômico e geralmente apresentam problemas de descarte pois representam perdas econômicas no processo produtivo caso não recebam destinação adequada podem proporcionar problemas ambientais, em razão da sua carga poluidora (GONÇALVES, 2014). A conversão desses resíduos para produtos mais nobres agregaria valor econômico e ajudaria a reduzir o custo de descarte dos resíduos.

O uso crescente de materiais renováveis é uma realidade e envolve inovação tecnológica no uso alternativo de recursos naturais, sobretudo nas fibras naturais e dos restos de frutas tropicais do Brasil que tem abundância de matéria-prima. O Brasil é considerado como um dos países que mais produz resíduos agroindustriais, como os resíduos de frutas pelas indústrias de polpas, o que tem contribuído para o aumento da produção do lixo orgânico, percebe-se, como consequência, graves problemas ambientais (MARTINS, 2011).

Inúmeros estudos utilizando resíduos industriais do processamento de alimentos têm sido realizados visando à redução do impacto ambiental e o desenvolvimento de tecnologias que agreguem valor aos produtos obtidos (PELIZER *et al.*, 2007).

Estima-se que o processamento de polpas de suco, gera-se cerca de 40% dos resíduos agroindustriais, composto de restos de polpa, casca, caroços ou sementes (LOUSADA JÚNIOR *et al.*, 2006).

Uma forma de atuação, no que diz respeito ao aproveitamento de resíduos é a de buscar utilizações viáveis e econômicas para os inevitáveis resíduos agroindustriais gerados (AMORIM, 2016). Sempre que possível, o resíduo final deverá constituir em matéria prima para um novo processo, constituindo uma segunda transformação.

2.3. ACEROLA

A acerola também conhecida como cereja das Antilhas ou cereja de barbados pertence à família Malpighiaceae, gênero Malpighia (OLIVEIRA *et al.*, 2003) e é originária de regiões da *América Central, noroeste da América do Sul e Antilhas* (NEVES *et al.*, 2010).

Dentre os fatores responsáveis pelo estímulo ao cultivo de acerola, destaca-se a riqueza em vitamina C apresentada pelos seus frutos sendo, por esse motivo, considerada como uma das principais fontes naturais dessa vitamina. Além de ser excelente fonte de vitamina C, a acerola apresenta-se como fonte de provitamina A, contém vitaminas do grupo B como tiamina (B1), riboflavina (B2), piridoxina (B6) e Niacina, apresenta em sua composição os minerais ferro, cálcio, fósforo e sódio (FOLEGATTI; MATSUURA, 2003).

O fruto da aceroleira é uma drupa, carnosa variando na forma tamanho e pesa de 2 a 10g (NEVES, 2007). Sua polpa (mesocarpo) carnuda é recoberta por uma casca (epicarpo) de proteção muito fina e delicada, que amadurece rapidamente, a Figura 1 mostra a acerola in natura.

Figura 1. Morfologia da Acerola



Fonte: Própria (2018).

A aceroleira pode florescer e frutificar várias vezes durante o ano, com uma produção de três ou mais safras, concentradas principalmente na primavera e verão que dependem muito das condições climáticas locais e disponibilidade de água no solo. Atualmente, verifica-se uma expansão crescente e rápida de seus plantios comerciais em praticamente todos os estados brasileiros, notadamente na região Nordeste, por suas condições de solo e clima onde a acerola melhor se adapta e também em regiões de clima subtropical (MUSSER, 1995).

A acerola gera resíduos estimado em cerca de 34,40 mil toneladas do fruto por ano são processados nas indústrias brasileiras, o que equivale a 7,16% do total de frutas colhidas no país (ALDRGUE et al., 2002).

O sucesso da industrialização da acerola é creditado à quantidade de polpa comestível que a fruta produz e o restante, bagaço, casca e sementes, que representam entre 15 e 41% do volume total de toda a acerola processada e desprezada no processo fabril, considerado custo operacional para as

empresas (AGUIAR *et al.*, 2010), sendo este pouco explorado. Na Figura 2 é apresentado o resíduo acerola após o processamento.

Figura 2. Resíduo da Acerola



Fonte: Própria (2018).

2.4. SECAGEM

Ocorre nessa operação à transferência de calor do ar desumidificado para o produto sob a diferença de temperatura entre eles e a diferença de pressão parcial de vapor de água existente entre o ar e a superfície do produto determina a transferência de massa para o ar, na forma de vapor de água (PARK *et al.*, 2002).

A secagem pode ser realizada de diversas formas, as que serão abordadas aqui apenas a secagem convectiva é realizada em um secador de bandejas que consiste de uma câmara com um sistema de aquecimento controlado unido a uma circulação de ar com velocidade controlada.

A secagem por convecção é um dos métodos mais utilizados para a conservação de frutas por meio da redução do seu teor de água até níveis entre 10 e 25% base úmida (b.u.), porém trata-se de operação que normalmente reduz a qualidade do produto ao alterar suas características originais relacionadas à aparência e ao sabor.

Com a perda de umidade obtém-se a curva da cinética de secagem que nada mais é que perda de umidade da amostra, ao longo do tempo. O estudo da cinética de secagem é realizado pelo coeficiente de difusividade, que engloba os efeitos de todos os fenômenos, podendo intervir na migração da água e seu valor é sempre obtido pelo ajuste das curvas experimentais quando modelados através de métodos matemáticos com os da literatura (ANTONIO, 2006).

Nóbrega (2012) estudou a secagem do resíduo agroindustrial da acerola em secador convectivo de bandejas sob condições controladas de temperatura de trabalho (60, 70 e 80 °C), velocidade de ar (4, 5, e 6 m/s) e espessura do material (0,5; 0,62 e 0,75 cm) mediante do planejamento experimental do tipo fatorial 2^3 com 3 pontos centrais. O presente estudo caracterizou o pó do resíduo da acerola como ingrediente com elevado potencial bioativo.

Reis (2017) Elaborou a farinha de acerola desidratada em estufa com circulação de ar. A farinha de acerola foi avaliada a cada 15 dias, por um período de 75 dias. As perdas de Ácido Ascórbico foram de 76,2% e 80%; 23,9% e 55%; 37,9% e 65% para farinhas com e sem sementes desidratadas a 60, 70 e 80 °C, respectivamente. De acordo com os resultados obtidos, a melhor temperatura de desidratação foi de 70°C, pois resultou em farinha com alta qualidade de consumo e estabilidade de parâmetros físico-químicos durante 75 dias de conservação.

2.5. ADSORÇÃO

Adsorção é um dos processos mais eficientes de tratamento de águas e águas residuárias, sendo empregadas nas indústrias a fim de reduzir dos seus efluentes os níveis de compostos tóxicos ao meio ambiente (MOREIRA, 2008).

A adsorção é uma operação de transferência de massa, a qual estuda a habilidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície determinadas substâncias existentes em fluidos líquidos ou gasosos, possibilitando a separação dos componentes desses fluidos (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Uma vez que os componentes adsorvidos, concentram-se sobre a superfície externa, quanto maior for esta superfície externa por unidade de

massa sólida, tanto mais favorável será a adsorção. Por isso, geralmente os adsorventes são sólidos com partículas porosas. A espécie que se acumula na interface do material é normalmente denominada de adsorvato ou adsorbato; e a superfície sólida na qual o adsorvato se acumula, de adsorvente ou adsorbente (RUTHVEN, 1984).

Os processos de separação por adsorção estão baseados em três mecanismos distintos: o mecanismo estérico, os mecanismos de equilíbrio e os mecanismos cinéticos. Para o mecanismo estérico, os poros do material adsorvente possuem dimensões características, as quais permitem que determinadas moléculas possam entrar, excluindo as demais. Para os mecanismos de equilíbrio, têm-se as habilidades dos diferentes sólidos para acomodar diferentes espécies de adsorvatos, que são adsorvidos, preferencialmente, a outros compostos. O mecanismo cinético está baseado nas diferentes difusividades das diversas espécies nos poros adsorventes (DO, 1998).

Dependendo da natureza das forças envolvidas, a adsorção pode ser classificada quanto a sua intensidade em dois tipos: adsorção física e adsorção química. No caso de adsorção física, a ligação do adsorvato à superfície do adsorvente envolve uma interação relativamente fraca que pode ser atribuída às forças de Van der Waalls, que são similares às forças de coesão molecular. Diferentemente, a quimissorção, a qual envolve a troca ou partilha de elétrons entre as moléculas do adsorvato e a superfície do adsorvente, resultando em uma reação química. Isso resulta essencialmente numa nova ligação química e, portanto, bem mais forte que no caso da fisissorção (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Desta forma, são vários os fatores que influenciam o processo de adsorção como a área superficial, as propriedades do adsorvente e do adsorvato, a temperatura do sistema, natureza do solvente e o pH do meio. É um processo que depende de vários fatores tais como: natureza do adsorvente, do adsorvato e das condições operacionais. As características do adsorvente incluem: área superficial, tamanho do poro, densidade, grupos funcionais presentes na superfície e hidrofobicidade do material. Por outro lado, a natureza do adsorvato depende da polaridade, do tamanho da molécula, da

solubilidade e da acidez ou basicidade. As condições operacionais incluem, principalmente, temperatura, pH e natureza do solvente (COONEY, 1999).

2.5.1. Cinética de Adsorção

Cinética de adsorção é expressa como a taxa de remoção do adsorvato na fase fluida em relação ao tempo, envolvendo a transferência de massa de um ou mais componentes contidos em uma massa líquida externa para o interior da partícula do adsorvente, os quais deverão migrar através dos macroporos até as regiões mais interiores desta partícula (ALBERNAZ, 2015).

Esta técnica de adsorção, usando biomassas como adsorvente vem sendo uma alternativa potencialmente atrativa e econômica. O efeito de diversas biomassas vem sendo estudado para a remoção de metais pesados de efluentes industriais (COSSICH *et al.*, 2002) e também no tratamento de efluentes contendo compostos orgânicos, como é o caso dos efluentes de petróleo (SOUZA *et al.*, 2018).

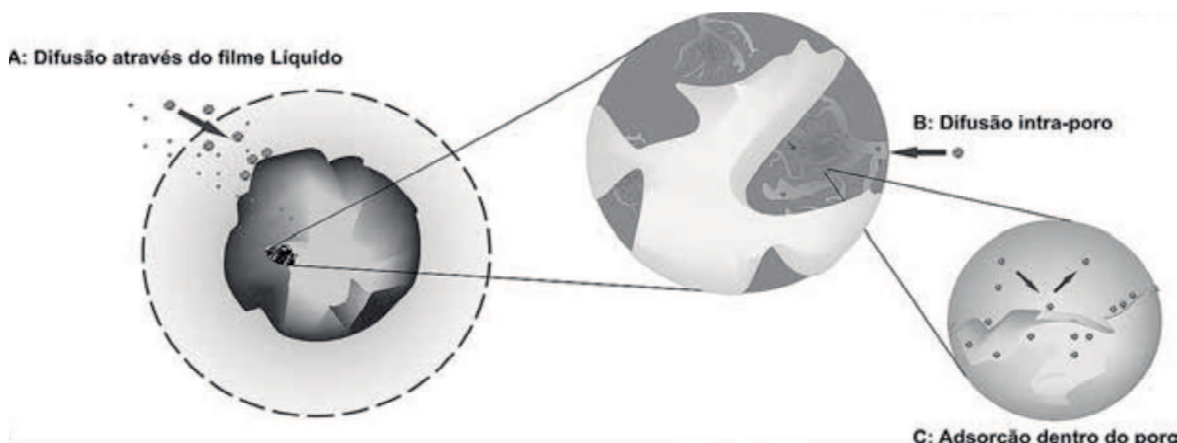
Descreve, portanto a velocidade com a qual as moléculas do adsorvato são adsorvidas pelo adsorvente. Esta velocidade depende das características físico-químicas do adsorvato, tais como natureza, massa molecular e solubilidade e do adsorvente, tais como a natureza e estrutura de poros (CLAUDINO, 2003). A velocidade de adsorção pode ser afetada pela temperatura, pH, força iônica, concentração inicial do adsorvato, agitação, tamanho das partículas e distribuição do tamanho dos poros (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Está relacionada com a área de superfície do adsorvente. Dessa forma, o tamanho da partícula está diretamente relacionado e é também um importante fator que afeta a capacidade de adsorção (HONORIO, 2013). É expressa como a taxa de remoção do adsorvato na fase fluida em relação ao tempo, envolvendo a transferência de massa contida em uma massa líquida externa para o interior da partícula do adsorvente.

Em princípio para Nascimento (*et al.*, 2014), a cinética de adsorção pode ser conduzida por diferentes processos, conforme apresentado na Figura 3, onde:

- a) A difusão através do filme líquido: a qual corresponde a transferência de moléculas da fase fluida para superfície externa da partícula adsorvente, por intermédio de uma camada de fluido que envolve a partícula.
- b) Difusão intra poro: a qual é ocasionada pela difusão de moléculas no fluido para o interior dos poros.
- c) Difusão na superfície: a qual corresponde à difusão das moléculas totalmente adsorvidas ao longo da superfície do poro.

Figura 3. Etapas da cinética de adsorção



Fonte: Nascimento *et al.* (2014).

2.5.2. Isoterma de Equilíbrio

O equilíbrio de adsorção é geralmente um requisito essencial para obtenção de informações relevantes sobre projeto e análise de um processo de separação por adsorção.

Quando uma determinada quantidade de um sólido, este comumente chamado de adsorvente, entra em contato com um dado volume de um líquido contendo um soluto adsorvível, este chamado adsorvato, a adsorção ocorre até que o equilíbrio seja alcançado (NASCIMENTO *et al.*, 2014). Isto é, quando o adsorvato é colocado em contato com o adsorvente, as moléculas ou íons tendem a fluir do meio aquoso para a superfície do adsorvente até que a concentração de soluto na fase líquida permaneça constante. Nesse estágio é

dito que o sistema atingiu o estado de equilíbrio e a capacidade de adsorção do adsorvente é determinada.

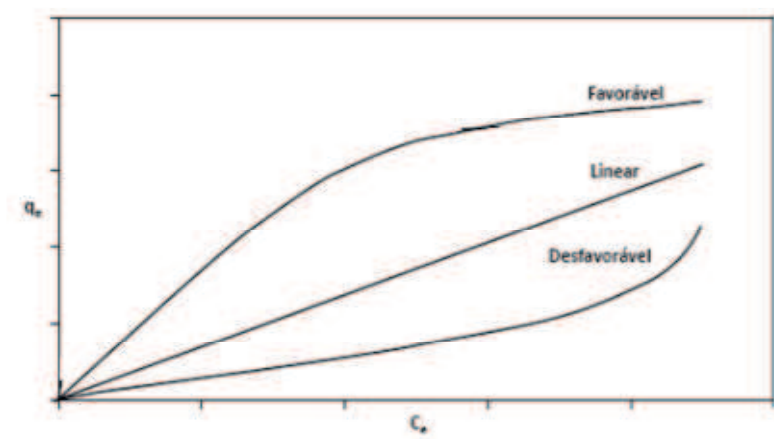
A obtenção de uma isoterma de adsorção é um processo simples em que uma massa de adsorvente é adicionada em um determinado volume de uma série de soluções com concentrações iniciais diferentes e conhecidas. Quando o equilíbrio de adsorção é atingido, temos a concentração final de soluto na solução em equilíbrio (em gramas ou mols por litro de solução) e a capacidade de adsorção do adsorvente (em massa ou mols de adsorvato, por unidade de massa de adsorvente) (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

O estudo do equilíbrio fornece informações fundamentais para a seleção de um adsorvente satisfatório. Segundo Moraes (2005), as informações das isotermas de equilíbrio podem fornecer a estimativa da quantidade aproximada de adsorvente necessária para um dado processo e conseqüentemente, o tamanho do equipamento requerido para a operação de adsorção em condições de equilíbrio.

Para Amorim (2016) curvas de isoterma, fornecem a uma dada umidade e temperatura, mostram a variação da concentração de equilíbrio no sólido adsorvente com a pressão parcial ou concentração da fase líquida. Informações úteis para processos de concentração, secagem e hidratação de alimentos, visto que a facilidade de se retirar ou adicionar água está relacionado com a atividade de água do alimento e ainda para verificar e acompanhar a estabilidade de produtos alimentícios durante o armazenamento (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

Os gráficos obtidos podem apresentar-se de várias formas, fornecendo informações importantes sobre o mecanismo de adsorção como demonstrado na Figura 4.

Figura 4. Formas possíveis de isotermas de adsorção



Fonte: Moreira (2008).

A isoterma linear diz que, a massa de adsorvato retida por unidade de massa do adsorvente é proporcional à concentração de equilíbrio do adsorvato na fase líquida. Já a isoterma favorável nos informa que a massa de adsorvato retida por unidade de massa do adsorvente é alta para uma baixa concentração de equilíbrio do adsorvato na fase líquida e a desfavorável nos revelam que a massa de adsorvato retida por unidade de massa do adsorvente independe da concentração de equilíbrio do adsorvato na fase líquida e que a massa de adsorvato retida por unidade de massa do adsorvente é baixa, mesmo para uma alta concentração de equilíbrio do adsorvato na fase líquida, respectivamente (MOREIRA, 2008).

Muitas equações de isotermas foram propostas com dois ou mais parâmetros para ajustar os dados experimentais sobre os valores de q versus C_e . Dentre as mais utilizadas, podemos citar as equações de Langmuir, Freundlich, Redlich-Peterson, Temkin e Dubinin–Radushkevich (SOUZA *et al.*, 2018; AMORIM *et al.*, 2018; OLIVEIRA, *et al.*, 2011; SOUSA NETO, 2011). As mais comumente utilizadas encontram-se as equações de Langmuir e Freundlich. Suas maiores utilizações são devido ao fato de se prever a capacidade máxima de adsorção do material (modelo de Langmuir) e capacidade de descrever o comportamento dos dados experimentais. Além disso, o fato de elas apresentarem dois parâmetros torna mais fácil a sua utilização.

2.5.3. Adsorção em Leito Diferencial

O sistema de adsorção em leito diferencial é uma técnica nova, onde consiste em remover contaminantes de um efluente através de uma camada fina de bioadsorventes em contato com esse efluente, proposto por Sousa *et al.* (2011), apresentado na Figura 5.

Figura 5. Representação do leito diferencial



FONTE: AMORIM, (2016)

Medeiros (2017) estudou adsorção em leito diferencial utilizando algas selecionadas como *Sargassum* spp, para avaliar a remoção de contaminante derivado de petróleo. Os experimentos foram realizados a uma espessura do leito diferencial igual a 3mm e variando o tempo de contato da dispersão água/gasolina com a biomassa. Os resultados dos experimentos mostraram um excelente desempenho do *Sargassum*, apresentando 100% de adsorção para concentrações do contaminante igual a 3% e 6%. Quando a concentração usada foi de 9% de contaminante não foi possível à completa remoção, contudo houve uma remoção em torno de 80%. Revelando para as condições estudadas ótimos resultados para ser usado como bioadsorvente da gasolina.

Amorim (2016) utilizou o resíduo gerado na produção de cerveja para estudar o processo adsorptivo. Para a cinética de adsorção foram realizadas 3 experimentos, cada uma com 12 amostras de soluções com gasolina e água. Para a isoterma de equilíbrio foram realizadas 10 concentrações diferentes de água com agente contaminante gasolina com variação de 5 a 50% do agente contaminante e colocado sob agitação por 5 a 60 minutos para mistura das

substâncias. Na adsorção em leito diferencial, foram realizadas concentrações diferentes de água/gasolina com variação de 5,0, 7,5 e 10,0% do agente contaminante.

E obteve como resultado que a cinética de adsorção descreveu que o bagaço adsorveu de forma satisfatória quase 50% do total do seu contaminante. A isoterma de equilíbrio obteve-se um resultado satisfatório com capacidade máxima de adsorção de 10,1mL/g. E no sistema de leito diferencial, o bagaço adsorveu quase todo o contaminante, apresentando como um bom adsorvente de composto orgânico, para a concentração de 10,0%, onde se observou que a biomassa adsorveu 98,75% do contaminante.

Oliveira (2017) avaliou o poder adsortivo do sisal na forma de partículas (pó), derivado da mucilagem exposta ao sol, no processo de adsorção de gasolina presente em corpos aquáticos. O estudo da adsorção em leito diferencial utilizando 5% do contaminante, em apenas 10 minutos atingiu 100% de remoção de gasolina presente no corpo d'água sintético. Utilizando 7,5% de contaminante, a partir dos 30 minutos já existia uma estagnação do desempenho adsortivo do sisal. Com 10 % de contaminante foi possível observar uma quantidade de gasolina adsorvida variando entre 60 e 100%.

Nascimentos (2018) estudou palha de milho como biomassa seca com o intuito de remover azul de metileno. Na cinética de adsorção a palha de milho adsorveu satisfatoriamente cerca de 95% do total relativo ao contaminante em estudo. Para a isoterma de equilíbrio foi obtido um valor satisfatório para a capacidade adsortiva da biomassa de aproximadamente 3,5 mg/g.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Ciências Ambientais e a secagem realizada no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos, ambos pertencentes ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba.

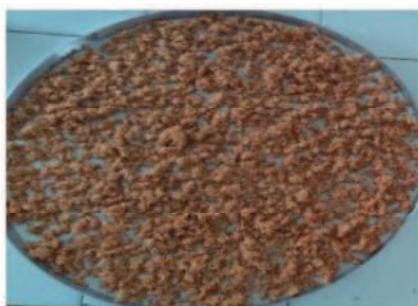
3.2. MATÉRIA PRIMA

A matéria-prima utilizada como bioadsorvente foi o resíduo da acerola, comercializada na feira central de Campina Grande-PB. O efluente, adotado como adsorvato foi à gasolina tipo comum, de um posto de combustível, localizado também em Campina Grande, Paraíba.

3.3. PREPARAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA PARA O PROCESSAMENTO

O resíduo concebido da acerola, foi submetido a sucessivas lavagens para a remoção máxima de sua polpa e água, assim como também submetido ao processo de trituração através do processador industrial, antes de ser direcionado as bandejas metálicas para a secagem, como pode ser verificado na Figura 6.

Figura 6. Resíduo triturado pronto para secagem



Fonte: Própria (2018).

3.4. SECAGEM CONVECTIVA

O resíduo preparado foi pesado na Balança Mater AD200 (Figura 7) com capacidade máxima de 210 g e precisão de leitura de 0,001 g, foi levado para a estufa com circulação de ar MODELO 400/ND (Figura 8), de acordo com a temperatura especificada no planejamento fatorial 2^2 na Tabela 1. O peso das amostras foi registrado inicialmente em intervalos de 15 em 15 minutos até atingir uma hora. A partir de uma hora, as pesagens procederam-se em um intervalo de 30 minutos. Este procedimento foi realizado até obter peso constante da amostra.

Figura 7. Balança Semi-analítica



Fonte: Própria (2018).

Figura 8. Estufa de Circulação



Fonte: Própria (2018).

Tabela 1. Delineamento Composto Central (DCC) - utilizou-se um planejamento fatorial 2^2 com três repetições no ponto central.

ENSAIOS	T	Db	T °C	M (g)
E1	-1	-1	50	50
E2	1	-1	70	50
E3	-1	1	50	150
E4	1	1	70	150
E5	0	0	60	100
E6	0	0	60	100
E7	0	0	60	100

A amostra seca foi submetida a um triturador industrial (Figura 9). A biomassa classificada utilizando um conjunto de peneiras de 1,00 a 2,38 mm de abertura (Figura 10), de modo a se obter um material uniforme, para ser acondicionada em recipientes de vidro devidamente identificado para sua posterior utilização.

Figura 9. Triturador Industrial



Fonte: Própria (2018).

Figura 10. Sistema de Peneiras



Fonte: Própria (2018).

3.5. DETERMINAÇÃO DA UMIDADE INICIAL

3.5.1. Umidade em estufa

Ao final da secagem, atingindo-se peso constante do resíduo, 2 gramas da amostra de cada ensaio, foi transferido para um cadinho (calibrados e identificados), de acordo com a Figura 11.

Figura 11. Amostra para determinação da umidade



Fonte: Própria (2018).

As amostras foram colocadas na estufa de secagem TECNAL TE 393/2 a 105°C (Figura 12) durante 24h, em triplicata. Passado 24 horas, pesou-se as amostras. E de acordo com as técnicas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz, expressa em base úmida (b.u) para melhor visualização em percentual, pela Equação (1):

$$U_{b,u} = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100\% \quad (1)$$

Onde:

m_i: Massa inicial das amostras(g).

m_f: Massa final das amostras desidratadas em estufa (g).

Figura 12. Estufa de secagem TECNAL TE 393/2



Fonte: Própria (2018).

A secagem convectiva foi realizada em um secador de bandejas, em estufa com circulação de ar. A partir dos dados adimensionais de umidade e da taxa de secagem em função do tempo do processo, definida como Equação (2):

$$U^* = \frac{U_t - U_{eq}}{U_i - U_{eq}} \quad (2)$$

3.5.2. Umidade no Infravermelho

A determinação de umidade Balança por infravermelho (ID200-determinador de umidade 200g-Marte) mostrada na (Figura 13), qual tem por finalidade quantificar a umidade do resíduo através da diferença do peso da amostra úmida e seca, pela desidratação por lâmpada de infravermelho. Bem como para verificar até que ponto se necessita realizar a cinética de secagem.

É realizada pesando-se 2g da amostra úmida e seca, conforme instruções de uso do equipamento.

Figura 13. Balança de Infravermelho



Fonte: Própria (2018).

3.6. ADSORÇÃO

3.6.1. Cinética de Adsorção

Os testes de cinética e isoterma de equilíbrio foram realizados em uma Mesa Agitadora da Nova Técnica, apresentado na Figura 14.

Figura 14. Mesa Agitadora da Nova Técnica



Fonte: Própria (2018).

No estudo de cinética de adsorção, foi desenvolvido experimentos em triplicatas utilizando 1,2g de biomassa seca (fixo), em cada experimento, totalizando 12 amostras. Onde continham concentrações iguais a 8,6, 12,0 e 15,6mL de gasolina para 40mL de água, em cada ensaio, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Variação das concentrações e tempo

Amostra	Tempo de Contato (min)	Gasolina (mL)	Água (mL)
12	de 5 até 60	8,6/ 12/ 15,6	40

Numa primeira etapa, em um erlenmeyer transferiu-se as concentrações de água e gasolina deixando-os sob agitação em mesa agitadora, com velocidade compatível a 130 rpm, por cerca de 5 minutos até a máxima mistura das duas substâncias, em sequência adicionou-se a biomassa seca. O sistema foi fechado com papel alumínio, onde o mesmo permaneceu em agitação. As amostras foram retiradas a cada 5 minutos, por um tempo percorrido máximo de 60 minutos, apresentado na Figura 15.

Figura 15. Amostras na mesa de agitação.



Fonte: Própria (2018).

Após o tempo de contato todo o conteúdo foi transferindo do *erlenmeyer* com auxílio de uma peneira e um funil para reter o agente adsorvente, onde o conteúdo líquido foi transferido para a proveta, onde se realizava a leitura do volume de cada substância, através de proveta graduada de 50 mL.

Para prever a eficiência do adsorvente e descrever a quantidade de adsorvato em relação ao agente contaminante foi feita a diferença entre a quantidade de contaminante no início do processo com a quantidade no final da adsorção.

3.6.2. Isoterma de Equilíbrio

Realizados também em triplicata com 1,2g de biomassa seca, os experimentos de isoterma de equilíbrio foram executados com concentrações de água e agente contaminante (gasolina) variando de 5% a 50% de gasolina em um total de 52mL água/gasolina. Somando assim 10 amostras em concentrações diferentes de água/gasolina apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Variação de concentração água/gasolina.

Concentração (%)	Gasolina (mL)	Água (mL)
5	2,6	49,4
10	5,2	46,8
15	7,8	44,2
20	10,4	41,6
25	13,0	39,0
30	15,6	36,4
35	18,2	33,8
40	20,8	31,2
45	23,4	28,6
50	26,0	26,0

As soluções contendo as concentrações de água e gasolina foram transferidas para um *erlenmeyer* e submetidas à agitação por 5 minutos até a máxima mistura das duas substâncias com velocidade de 130 rpm, em seguida adicionou-se a biomassa seca tampando-o com papel alumínio e deixando em agitação por 60 minutos para que a biomassa adsorva o agente contaminante.

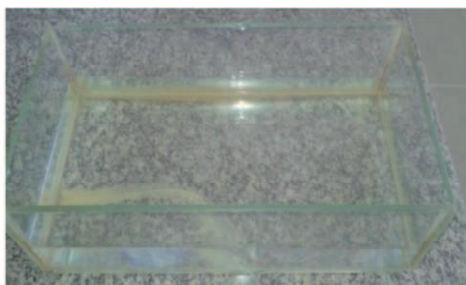
Após o tempo de agitação, transferiu-se o conteúdo do *erlenmeyer* com o auxílio de uma peneira e um funil para reter o agente adsorvente, transferido o conteúdo para uma proveta para realização da leitura do volume de cada substância.

3.6.3. Leito Diferencial

Foi utilizado no Leito Diferencial um reservatório de vidro com capacidade para 4000mL, apresentado na Figura 16, e uma tela de alumínio,

apresentado na Figura 17, onde a tela de alumínio é acoplada ou reservatório de vidro.

Figura 16. Reservatório de Vidro



Fonte: Própria (2018).

Figura 17. Tela de Alumínio



Fonte: Própria (2018).

O sistema de adsorção em leito diferencial, conduziu-se com um volume de 4000 mL (4L) de mistura heterogênea água/gasolina ao recipiente retangular de vidro, posteriormente foi acrescentado na tela de alumínio o resíduo, sobreposto no reservatório, para que a biomassa e a mistura água/gasolina estivessem em contato físico direto permanecendo por tempos pré-determinados e percentuais de gasolina conforme a Tabela 4. Os experimentos foram realizados em duplicata.

Tabela 4. Variação de concentração do leito diferencial.

Concentração (%)	Gasolina (L)	Água (L)
5,0	0,2	3,8
10,0	0,4	3,6

Na primeira etapa, foi uniformizada na tela de alumínio uma camada fina da biomassa com espessura de 3mm, como apresentado na Figura 18.

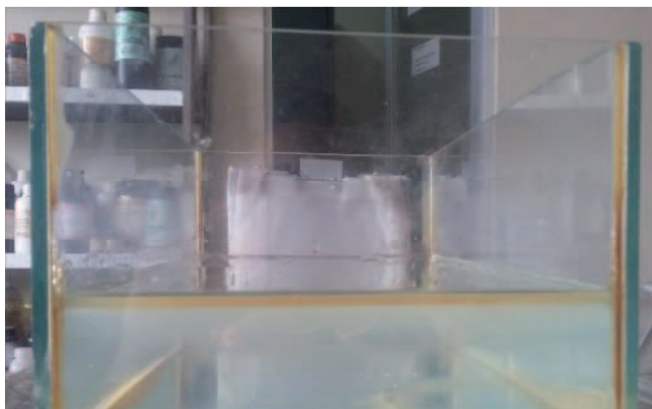
Figura 18. Tela com camada de biomassa



Fonte: Própria (2018).

No reservatório de vidro foram depositados uma mistura de água/contaminante, obtendo-se uma camada fina sobrenadante, como apresentado na Figura 19.

Figura 19. Mistura de água/contaminante



Fonte: Própria (2018).

Em seguida, foi acoplada a tela de alumínio ao reservatório com a mistura água/contaminante, com tempo decorrido de contato até 60 minutos, como apresentado na Figura 20. Depois de decorrido esse tempo, foi retirada a tela de alumínio e medido o volume restante de contaminante em uma proveta, para quantificação adsorvida do contaminante.

Figura 20. Contato da biomassa com água/contaminante



Fonte: Própria (2018).

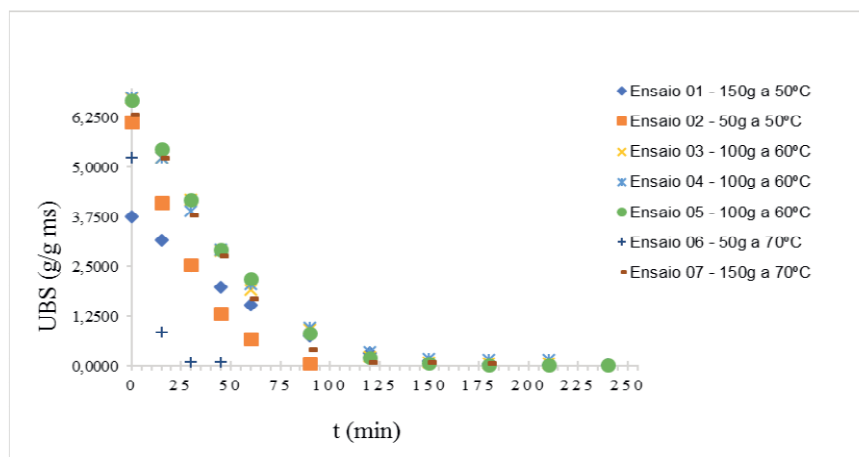
Percorrido o tempo de contato, a tela de alumínio foi retirada para separação do fluido da biomassa em seguida, analisada a quantidade adsorvida da contaminante gasolina em relação ao adsorvente resíduo aceroleiro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. SECAGEM CONVECTIVA

A secagem do resíduo da acerola foi realizada em estufa com circulação de ar. As amostras apresentaram um teor de umidade inicial (U_i) entre 11 e 13% (b.u.). A partir dos dados de umidade em base seca e a taxa de secagem em função do tempo do processo, foram construídas as curvas da cinética de secagem para cada experimento. Na Figura 21 são apresentadas nas condições estabelecidas.

Figura 21. Cinética da Secagem do resíduo úmido da acerola (b.s.)



Observa-se no gráfico, a influência que a temperatura exerce na secagem do produto. Portanto, a secagem com temperatura constante a 70°C, leva o produto a perder umidade bem mais rápido que a secagem realizada a 50°C, tendendo a um teor de umidade de equilíbrio em um tempo menor.

Para Nobrega (2012) a secagem pode ser avaliada a partir de curvas, na forma de taxa de secagem que representam a forma mais simples de descrever a conduta da secagem de um material, em diferentes condições de operação dos secadores e umidade inicial do produto.

De acordo com Alexandre *et al.* (2009) a taxa de secagem pode ser acelerada com o aumento da temperatura do ar de secagem e, ou, com o aumento do fluxo de ar que passa pelo produto por unidade de tempo. A

quantidade de ar utilizada para a secagem depende de vários fatores. Entre eles: a umidade inicial do produto e a espessura da camada. Gouveia (1999) obteve curvas de secagem de gengibre em três diferentes temperaturas, o autor concluiu que, para um mesmo tempo de processo, quanto maior for a temperatura do ar, maior a perda de umidade do produto.

Nunez e Castro (2014), afirma no estudo da cinética de secagem de jabuticaba, que o tempo e a temperatura do ar de secagem exercem influência sob a cinética de secagem de alimentos.

4.2. CINÉTICA DE ADSORÇÃO

De acordo com os experimentos realizados, as curvas cinéticas de adsorção de gasolina dispersa em água obtidas após o tempo de contato da mistura, conforme apresentam as figuras 22, 23 e 24 respectivamente, utilizando o resíduo da acerola como adsorvente para três relações entre o volume de contaminante por grama de biomassa em função do tempo de contato de soluções com 15,6 mL, 12,0 mL e 8,6 mL de gasolina com 40,0mL de água.

Figura 22. Curva da cinética de adsorção do resíduo da acerola com 15,6ml de gasolina.

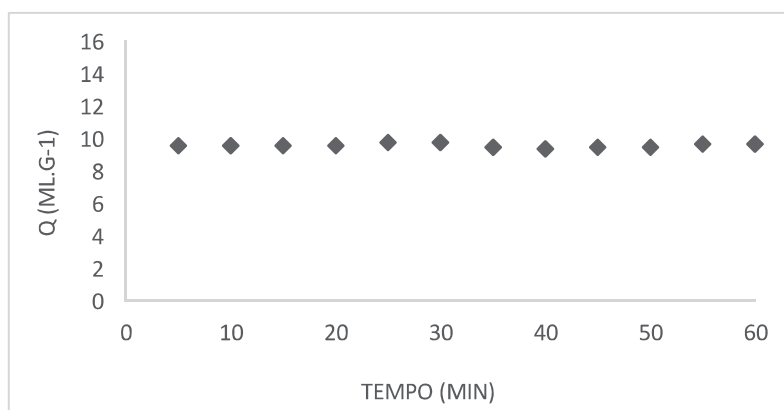


Figura 23. Curva da cinética de adsorção do resíduo da acerola com 12 ml de gasolina.

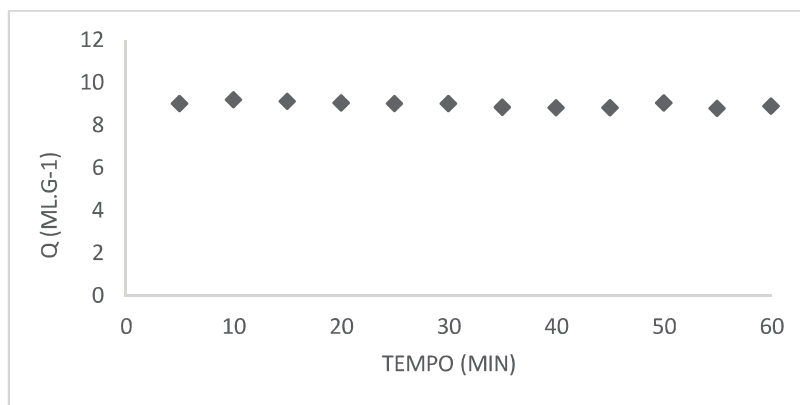
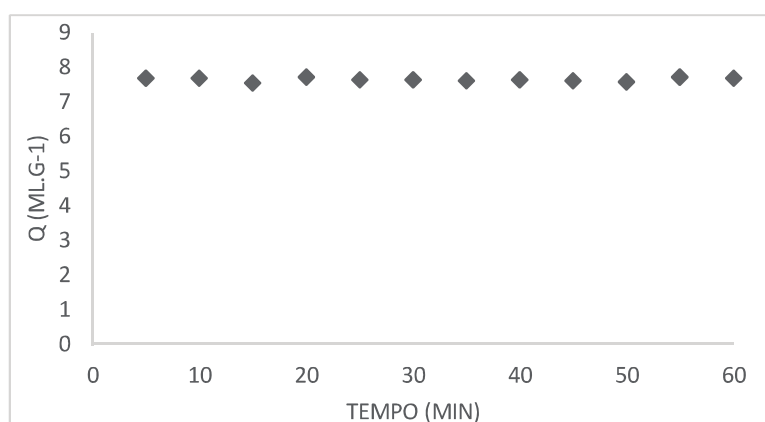


Figura 24. Curva da cinética de adsorção do resíduo da acerola com 8,6ml de gasolina.



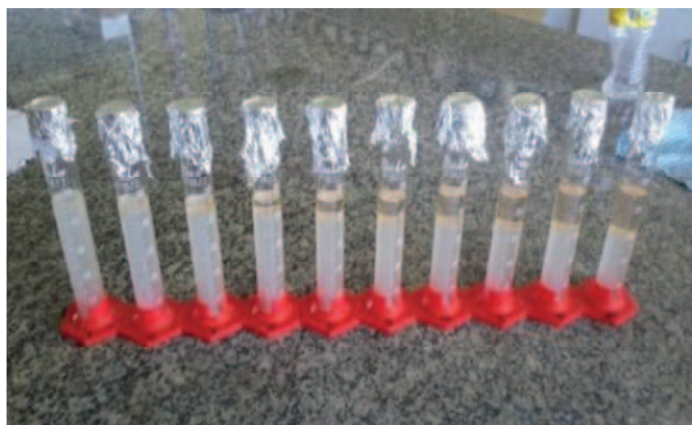
Analisando os gráficos, percebe-se claramente a rapidez que se conduziu a cinética, em ambos os casos. Adsorvendo em média mL de contaminante por grama de biomassa, observando-se assim um volume final adsorvido bastante significativo, mostrando uma boa adsorção para o resíduo removendo aproximadamente: 10, 9 e 8 mL respectivamente de gasolina. Quantificação esta, feita por meio de análise volumétrica utilizando proveta graduada.

4.3. ISOTERMAS DE EQUILÍBRIO

A isoterma foi obtida pelo tempo fixo de 60 minutos a partir 10 amostras, conforme pode ser observado na Figura 27, realizado também em triplicata

com concentrações diferentes sob agitação, sendo a curva apresentada na Figura 28.

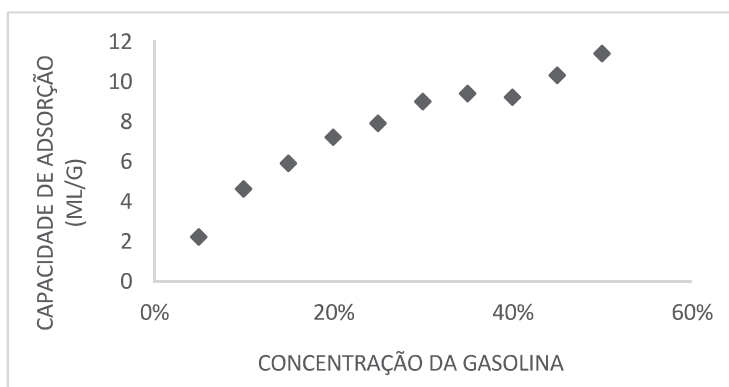
Figura 25. Amostras de isotermas de e equilíbrio



Fonte: Própria (2018).

Para a curva da isoterma de equilíbrio usou-se o contaminante gasolina e resíduo da acerola como biomassa, sendo avaliada na forma de capacidade de adsorção da biomassa, (em função da concentração final de cada adsorvato no fluido).

Figura 26. Isoterma de adsorção para adsorção de gasolina



A partir da curva, pode-se observar que a quantidade máxima de gasolina adsorvida foi 11 mL de gasolina por grama de (biomassa) resíduo. A capacidade esta, superior ao bagaço da cevada, onde obteve-se 8mL por grama de biomassa.

A curva, obtida conforme apresentado, por meio de isoterma de equilíbrio utilizando o sistema gasolina/resíduo de acerola, as isotermas podem ser consideradas do tipo favoráveis, pois apresentaram concavidade voltada para baixo, e portanto, correspondem ao tipo I da classificação de BET (RUTHVEN, 1984), compatível com Amorim (2016) que estudou o bagaço da cevada e Morais (2005) com o mesocarpo do coco, sendo assim válido também para o resíduo da acerola.

4.4. LEITO DIFERENCIAL

Para o sistema de adsorção em leito diferencial, as curvas de adsorção foram traçadas utilizando a biomassa do resíduo da acerola, após o tempo de contato água/gasolina e volume total da mistura.

As Figuras 29 e 30 apresentam os dados experimentais para uso do resíduo aceroleiro em porcentagem de gasolina adsorvida pelo tempo de contato entre o bagaço, água e o contaminante em sistema de leito diferencial.

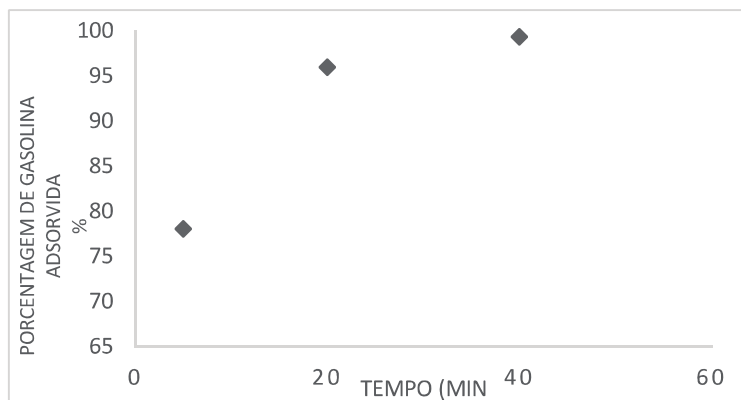
Figura 27. Percentual da adsorção da gasolina para concentração de 5,0%



Para a concentração de 5,0% a qual corresponde a um volume de gasolina inicial = 0,2L e um volume de água = 3,8L. Inicialmente com 5 minutos houve uma adsorção de 87,5%, passados 20 minutos a adsorção foi de 97,6%, com 40 minutos 98,7% chegando aos 60 minutos com quase a total adsorção do contaminante correspondendo a 99,7%, as quais se podem confirmar bons resultados, onde a biomassa adsorve quase todo o contaminante, resultado

bastante satisfatório, porém diferente do resultado obtido por Lima *et al.*, (2016), onde conseguiu em apenas 10 minutos atingir 100% de remoção do contaminante gasolina presente no corpo d'água simulado.

Figura 28. Percentual da adsorção da gasolina para concentração de 10,0%



Já para a concentração de 10,0% equivalente a um Volume de gasolina inicial = 0,4L e Volume de água = 3,6L, foi observado uma adsorção rápida, como pode ser observado Figura 30. Neste momento a biomassa obteve a capacidade de adsorver quase todo o contaminante antes dos 60 minutos. Nos primeiros momentos, primeiro 5 minutos o resíduo mostrou sua capacidade de adsorção baixa relacionando-a com a de 5 %, devido sua maior quantidade de contaminante, cerca de 78%, embora tenha-se atingido resultados satisfatórios, com 20 minutos 95,9 %, dessa forma aos 40 minutos obteve-se um aumento significativo e estagnação do seu desempenho com cerca 99,3% do contaminante foram adsorvidos ou seja quase 100% do contaminante gasolina removido da água simulada, corroborando com Sousa (2011), que estudou o comportamento do óleo diesel com bagaço de cana e Amorim (2016), com gasolina e bagaço de cevada.

É válido lembrar que no desenvolvimento das análises e avaliações, erros de manipulação e de leitura, poderão estar envolvidos. Por outro lado, o erro nas quantidades adsorvidas de gasolina também pode ser justificado devido a adsorção de água pelo bagaço, fato que pode ser explicado por se tratar de um resíduo agrícola que de maneira geral, Segundo BADHAN (*et al.*, 2007) são materiais lignocelulósicos, formados principalmente por três

componentes: celulose, hemicelulose e lignina. E o resíduo da acerola é, por sua vez, bastante rico em celulose e lignina de acordo com Dragone (2007).

Amorim (2016), também retrata que nesses tipos de biomassas há a presença de lignina, que é organofílica e celulose que é hidrofílica, onde adsorção de água na celulose promove o colapso dos poros, dificultando assim a entrada de outros substratos, verificada também por Morais (2005).

A celulose é um polissacarídeo estrutural derivado da união de monômeros de β -glicose por meio de ligações β -1,4-glicosídicas, de fórmula $(C_6H_{10}O_5)^n$, sendo assim um polímero de cadeia longa. Em termos gerais, a celulose é insolúvel e cristalina, a qual constitui o polissacarídeo predominante nos resíduos vegetais, sua estrutura fibrosa resulta em uma alta resistência à tração e é insolúvel na maioria dos solventes. É o principal componente das paredes celulares, responsáveis pela sustentação vegetal, possuindo uma estrutura altamente resistente (TAVARES, 2009). As moléculas de celulose são completamente lineares e têm forte tendência para formar pontes de hidrogênio inter e intramoleculares.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Secagem: Foi possível atingir em pouco tempo um resíduo com uma umidade mais estável com o estudo da cinética de secagem para conservação do material e uso posterior.
2. Cinética de adsorção: o bagaço adsorveu aproximadamente 80% para 8,6ml; 75% para 12,0ml e 45% para 15,6%. Mostrando ser um bom bioadsorvente. De maneira geral a quantidade de gasolina adsortiva mostrou valores representativos, entre 45 e 80% em um pequeno intervalo de tempo, mostrando elevada capacidade adsortiva.
3. Isoterma de equilíbrio: capacidade máxima de adsorção pelo bagaço de aproximadamente 11mL/g. O que explica forte interação entre adsorbato e adsorvente que o resíduo.
4. Leito Diferencial: os resultados para as concentrações estudadas, o bagaço adsorveu quase 100% do contaminante, em um intervalo de tempo relativamente pequeno, apresentando-se como um bom adsorvente de composto orgânico na simulação do real.
5. Com esse estudo pode-se dizer que o sistema de adsorção utilizando como biomassa o resíduo de acerola apresenta grande potencial adsortivo sendo eficaz no tratamento de efluentes contaminados por gasolina, visando assim baixos custos e redução do impacto ambiental, dessa forma destinando adequadamente o resíduo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, T. M. et al. Caracterização química e avaliação do valor nutritivo de sementes de acerola. Revista da Sociedade Brasileira de Alimentos e Nutrição, São Paulo, v.35 n2, p 91-102, 2010.

ANTONIO, G. C. Avaliação do efeito dos pré-tratamentos de desidratação osmótica e secagem HTST na obtenção de snacks de batata doce (*Ipomoea batatas* Lam). Tese de doutorado. Faculdade de Engenharia de alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2006.

ALBERNAZ, DAISY DAYANE PEREIRA. Estudo dos Parâmetros Físico-Químicos de Adsorção de Cromo Hexavalente por Nanopartículas Magnéticas. FACULDADE UnB. Planaltina-DF 2015.

ALBUQUERQUE, J. C.; ALMEIDA, M.M. SOUZA, E.S. SANTIAGO, A.M.; BATISTA, G.L.A.S.; ARAÚJO, M.B.V.. Cinética de secagem da borra de café em estufa com circulação de ar Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciência e Tecnologia, 2016.

ALDRIGUE, M. L. et al. Aspecto da ciência e tecnologia dos alimentos. João Pessoa: Editora UFPB,2002. V.1, 198p.

ALEXANDRE, H. V., et al.. CINÉTICA DE SECAGEM DE ABACAXI CV PÉROLA EM FATIAS. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.11, n.2, p.123-128, 2009.

AMORIM ,FERNANDA VIEIRA. Estudo Do Poder Adsorativo do Resíduo Gerado na Produção de Cerveja Utilizando Sistema Em Leito Diferencial. Campina Grande,PB. Universidade Estadual Da Paraíba, 2016.

ANDRADE, JULIANO DE ALMEIDA. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. Instituto de Química (IQ), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP),2010.

BADHAN, A. K.; CHADHA, B. S.; KAUR, J.; SAINI, H. S.; BHAT, K. M. Production of multiple xylanolytic and cellulolytic enzymes by thermophilic fungus *Myceliophthora* sp. Bioresource Technology, v. 98, p. 504–510, 2007.

CARVALHO, EMANUEL DA SILVA. Reuso do mesocarpo de coco na remoção de contaminantes derivados de petróleo presentes em corpos d'água, utilizando sistema de adsorção em leito diferencial. Universidade Estadual da Paraíba, 2014,

CLAUDINO, A. Preparação de carvão ativado a partir de trufa e sua utilização na remoção de poluentes. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

COMANA- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resoluções do COMANA: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, n. 357.de 17/03/2005, Brasília.

CONSEUIL, H. X.; SANTOS, R.F.; FERNANDES, M. Contaminação de aquíferos por derramamentos de gasolina e álcool. ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 19º congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1999.

COONEY, D. O. Adsorption Design for Wastewater Treatment. Florida: CRC Press, 1999.

COSSICH, E. S.; SILVA, E. A.; TAVARES, C. R. G.; CARDOZO FILHO, L.; RAVAGNANI, T. M. K. Modelagem da Biossorção de Cromo pela Alga Marinha Sargassum sp. em Coluna de Leito Fixo. III Encontro Brasileiro de Adsorção – III EBA, Recife - PE, pp. 231-240, 2002.

DRAGONE, S. I. M.; Aproveitamento integral de subproduto da indústria cervejeira em processos químicos e biotecnológicos. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial. Área de Concentração: Conversão de Biomassa) – Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, 2007.

DO, D. D. Adsorption analysis: equilibria and Kinetics. London: Imperial College Press, 1998.

FERNANDES, M. & CORSEUIL, H.X., Contaminação de águas subterrâneas por derramamento de gasolina: Efeito cosolvência. In 3º Simpósio ÍtaloBrasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiente, Gramado, junho, 1996.

FILHO, R. MIRANDA; FERREIRA, Q. C.; Ribeiro, F.A. Avaliação ambiental das oficinas mecânicas que realizam troca de óleo na cidade de monte carmelô-MG Revista GeTeC, 2013.

FINOTTI, A.R. Estudos de fase livre em contaminações subsuperficiais com gasolina e etanol. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2003.

FINOTTI, A.R.; Teixeira, C. E.; Fedrizzi, F.; Calgliari, J.; Filho, I. do N. Avaliação da influência do etanol sobre o grau de volatilização BTEX em solos impactados por derrames de gasolina/etanol. Revista Nova Técnica, Engenharia Sanitária e Ambiental, v.14 n.4, Caxias do Sul, 2009.

FOLEGATTI, M. I. S. ;MATSUURA, F. C. A. U.Produtos. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHIA, A. K.; OLIVEIRA, J.R. P.(Ed.). A cultura da acerola.Cruz das almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003.

GONÇALVES, G. C.; P. K. NAKAMURA ; M. T. VEIT. Produção E Caracterização De Carvão Ativado Obtido A Partir Dos Resíduos Da Indústria Cervejeira. 2014.

GOUVEIA, J.P.G. Avaliação da cinética de secagem de gengibre (*Zingiber officinale*, Roscoe) em um secador de leito fixo. Campinas: UNICAMP, 1999. 161p. (Tese Doutorado).

GREEN PEACE. O que é produção limpa? Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br> acesso em: 26 de Maio de 2018.

HONORIO, J. F.; Emprego da Casca de Soja como Adsorvente na Remoção de Corantes Reativos Têxteis. Dissertação de defesa para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química. Toledo, PR, 2013.

HAMMES, V.S. Corredores de mata. In: HAMMES, V.S. (Org.). Educação ambiental para o desenvolvimento sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

INFANTE, J.; SELANI, M.M.; TOLEDO, N.M.V.; SILVEIRA-DINIZ, M.F.; ALENCAR, S.M.; SPOTO, M.H.F. Atividade antioxidante de resíduos. Alim. Nutr. Braz. J. Food Nutr., Araraquara, v. 24, n. 1, p. 87-91, jan./mar. 2013.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Estudos avançados, São Paulo. V. 25, n. 71. Issn 0103-4014, 2011.

LIMA, L. M. R.; OLIVEIRA, E. D. C. ; NEPOMUCENO, T. C. ; DINIZ, N. M. R. ; SILVA, V. L. M. M.; ALMEIDA, M. M. Caracterização E Uso Da Mucilagem Do Sisal (Agave Sisalana) Na Adsorção De Gasolina Em Leito Diferencial. Universidade Estadual Da Paraíba, Centro De Ciências E Tecnologia, Departamento De Engenharia Sanitária E Ambiental, 2016.

LOUSADA JÚNIOR, J. E.; COSTA, J. M. C.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. Revista Ciência Agronômica, Ceará, v. 37, n. 1, p. 70 -76, 2006.

MARQUES, TAMARA REZENDE. Aproveitamento Tecnológico do resíduo de acerola: Farinhas e Barras de cereais. Universidade Federal de Lavras, 2013.

MARTINS, C. R.; JESUS, L. A de. Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011.

MEDEIROS, K. M. S. de. Estudo da capacidade adsorptiva de algas “arribadas” utilizando um sistema de adsorção em leito diferencial para purificação de corpos aquáticos. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017.

MORAIS, V. L. M. Purificação de Efluentes Contaminados com Hidrocarbonetos por Adsorção em Leito Fixo de Biomassa. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, p. 104, 2005.

MOREIRA, S. de A. Adsorção de íons metálicos de efluente aquoso usando bagaço do pedúnculo de caju: estudo de batelada e coluna de leito fixo. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MUSSER, R. dos S. Situação Atual e Perspectivas da Acerola. In: JOSÉ, Abel

Rebouças São.; ALVES, Ricardo Elesbão. Acerola no Brasil: Produção e Mercado, UESB, Vitória da Conquista 1995, p.4-6.

NASCIMENTO, R. F. DO; LIMA, A. C. A. DE L.; VIDAL, C. B. ; MELO, D. DE Q. M.; RAULINO, G. S. C. N. Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais- Fortaleza, 2014.

NASCIMENTO, Agnis Pâmela Simões do. Avaliação do Poder Adsorptivo da Palha de Milho Para remoção de Azul de Metileno Presentes em Corpos Aquáticos. Campina Grande, PB. Universidade Estadual Da Paraíba, 2018.

NETO, R. R. de M. Remoção de querosene na mistura querosene/água, utilizando bagaço de caju quimicamente modificado. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 2015.

NEVES, L . P. et al. Nutrientes e propriedades funcionais em sementes de abóbora (cucurbita maxima) submetidas a diferentes processamentos. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 30, p. 185-190, 2010.

NEVES, I . P. Cultivo de Acerola. Salvador : Rede de Tecnologia da Bahia, 2007 (dossiê técnico).

NÓBREGA, ERLY MARIA MEDEIROS DE ARAÚJO. Secagem do resíduo da acerola: estudo do processo e avaliação do impacto sobre o produto final. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

NUNES, A. dos S. Produção de Adsorventes a partir da Casca de Amendoim Visando a Aplicação na Remoção de Corantes Orgânicos. Dissertação de obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga, 2014.

NUNES, J. S.; CASTRO, D. S. DE; MOREIRA, I. DOS S.; SOUSA, F. C. DE; SILVA, W. P. DA. Descrição cinética de secagem da polpa de jabuticaba usando modelos empíricos. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Artigo Científico <http://revista.gvaa.com.br>, 2014.

NUNES, J. S.; SILVA, F. B. DA; GOMES, J. P.; SILVA, W. P. DA. Caracterização Físico-Química de Farinha Resíduo de Polpa de Acerola. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. CONTECC' 2015. Centro de Eventos do Ceará - Fortaleza - CE 15 a 18 de setembro de 2015.

OLIVEIRA, F. N. S. Bioindicadores de impacto ambiental em sistemas agrícolas orgânicos - Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2004.

OLIVEIRA, J. R. P. et al. Aspectos botânicos. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. A cultura da aceroleira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003.198p.

OLIVEIRA, E. D. C. Remoção de gasolina em corpos d'água utilizando sisal (*Agave sisalana*) como adsorvente em sistema de adsorção em leito diferencial. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R.; PARK, T. H. K. B. Osmotic rehydration kinetics of pear D'Anjou (*Pyrus communis* L.). *Journal of Food Engineering*, 2002.

PELIZER, L. H.; PONTIRRI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. *Journal of Technology Management & Innovation*, Chile, v. 2, n.1, p.118-127, 2007.

REIS, D. S.; NETO, A. F.; FERRAZ, A. V.; FREITAS, S. T. Produção e estabilidade de conservação da farinha da acerola desidratada em diferentes temperaturas, 2017.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. Química de Alimentos. 2ª Edição. Ed. Edgard Blücher LTDA, 2007. 184p.

RUTHVEN, D. M. Principles of Adsorption & Adsorption Process. New York, John Wiley & Sons, 1984.

SILVA, A. B. S.; Estudo De Adsorção De Íons Cobre(II) Em Carboximetilquitosana: Cinética De Adsorção, Isotermas E Parâmetros Termodinâmicos. Trabalho de conclusão de graduação do curso de Química Industrial da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2014.

SILVA, R. L. B. Contaminação de Poços Rasos no Bairro Brisamar, Ítaqui, RJ, por Derramamento de Gasolina: Concentração de BTEX e Avaliação da Qualidade da Água Consumida pela População. Tese para título de Doutorado em Ciências na área de Saúde Pública, Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2002.

SOUSA, R. S.; LIMA, L. M. R.; SILVA, V. L. M. M., Adsorção de óleo diesel em sistema de leito diferencial com biomassa bagaço de cana-de-açúcar. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v.6.2 (2011).

SOUZA, EWELLYN S.; AMORIM, FERNANDA VIEIRA; SILVA, V. L. M. DE M.; LUIZ, MÁRCIA R.; SOUZA, ELIBE S. Avaliação Da Viabilidade Do Resíduo De Acerola Para Remoção De Contaminante Gasolina Presentes Em Corpos d'água. Universidade Estadual da Paraíba, 2018.

SZPAK, Anna Karen. Proposta de Gerenciamento Sustentável de Resíduos de Construção e Demolição - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

MARQUES, TAMARA REZENDE. Aproveitamento Tecnológico do resíduo de acerola: Farinhas e Barras de cereais. Universidade Federal de Lavras, 2013.

TAVARES, M. B. R. Estudo da produção da enzima celulase a partir da matéria lignocelulósica bagaço do caju por fermentação semi-sólida utilizando *Aspergillus niger*. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

THIEM, S. M.; KRUMME, M. L.; SMITH, L. R.; TIEDJE, J. M. Use of Molecular Techniques to evaluate the Survival of a Microorganism Injected into an Aquifer. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1994.

