



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE  
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E  
TERRITÓRIO (ILATIT)**

**ENGENHARIA QUÍMICA**

**TECNOLOGIAS PARA REAPROVEITAMENTO DE PRODUTOS  
APREENDIDOS PELA RECEITA FEDERAL**

**ADRIAN ERNESTO MORE ARIAS  
HUGO ANDRADE G. DE OLIVEIRA**

Foz do Iguaçu  
2022



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE  
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E  
TERRITÓRIO (ILATIT)**

**ENGENHARIA QUÍMICA**

**TECNOLOGIAS PARA REAPROVEITAMENTO DE PRODUTOS  
APREENDIDOS PELA RECEITA FEDERAL**

**ADRIAN ERNESTO MORE ARIAS  
HUGO ANDRADE G. DE OLIVEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientação: Profa. Dra. Andreia Cristina Furtado.  
Co-orientação: Profa. Dra. Caroline da Costa Silva Gonçalves.

Foz do Iguaçu  
2022

**ADRIAN ERNESTO MORE ARIAS**  
**HUGO ANDRADE G. DE OLIVEIRA**

**TECNOLOGIAS PARA REAPROVEITAMENTO DE PRODUTOS APREENDIDOS PELA  
RECEITA FEDERAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Orientador: Profa. Dra. Andréia Cristina Furtado  
UNILA

---

Profa. Dra. Caroline da Costa Silva Gonçalves  
UNILA



---

Profa. Dra. Renata Braga Soares  
UNILA

Foz do Iguaçu, 03 de agosto de 2022.

## TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

**Nome completo do autor(a):** Adrian Ernesto More Arias e Hugo Andrade G. de Oliveira.

**Curso:** Bacharelado em Engenharia Química.

	Tipo de Documento
(X) graduação	(.....) artigo
(.....) especialização	(X) trabalho de conclusão de curso
(.....) mestrado	(.....) monografia
(.....) doutorado	(.....) dissertação
	(.....) tese
	(.....) CD/DVD – obras audiovisuais

**Título do Trabalho Acadêmico:** Tecnologias para reaproveitamento de produtos apreendidos pela Receita Federal.

**Nome do Orientador(a):** Profa. Dra. Andreia Cristina Furtado.

**Nome do Co-Orientador(a):** Profa. Dra. Caroline da Costa Silva Gonçalves.

**Data da Defesa:** 03/08/2022

### Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino-Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra, gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons* **Licença 3.0 Unported**.

Foz do Iguaçu, 03 de Agosto de 2022.

Hugo Andrade G. de Oliveira

AMA  
99

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me proporcionar saúde e todas as oportunidades alcançadas até o momento, por estar sempre comigo, cuidando de mim e de toda minha família.

Aos nossos pais e familiares, por parte da família do Adrian Ernesto - Ana Isis Arias, Adriana Moré, Néstor Moré e Cecilia Gallardo- e do Hugo Andrade - Lucia Helena Andrade, Silvia Helena Andrade, Carlos Andrade e Hudson Andrade - que sempre nos deram suporte e incentivo a prosseguir com os nossos objetivos pessoais e profissionais nos momentos de dificuldades e também estarem conosco nos momentos de alegria.

À nossas orientadoras, Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreia Cristina Furtado e Co-orientadora, Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Caroline da Costa Silva Gonçalves, por terem aceito nosso convite de orientação e principalmente compartilhar todos seus conhecimentos e tempo para tornar esse trabalho possível.

Aos nossos amigos Gabriela, Leticia Vivian, Kenny, Luís Guilherme, Daniel, Andrew, Gean e Laura Maria, que estiveram ao nosso lado sempre nos apoiando, auxiliando e proporcionando ótimos momentos de amizade que vou guardar comigo para sempre.

Ao meu professor do Ensino médio Prof. Dr. Renato Saldanha Bastos, que me despertou o interesse em estudar na área da Química e atualmente estou concluindo o curso de Eng. Química.

A todos professores e técnicos laboratoriais da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), pelo suporte e apoio quando necessário.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus Toledo, pelo suporte na disponibilidade do uso do laboratório para a finalização da parte experimental.

A todos que contribuíram de alguma forma é de imensa gratidão que concluímos o curso de Engenharia, graças a vocês que nos deram suporte nessa longa jornada meus sincero obrigado

## RESUMO

Arias, Adrian Ernesto Moré; Oliveira, Hugo Andrade Guimaraes. TECNOLOGIAS PARA REAPROVEITAMENTO DE PRODUTOS APREENDIDOS PELA RECEITA FEDERAL. 2022. 65 pag. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2022.

No Brasil, especialmente na cidade fronteiriça com Paraguai e Argentina, Foz do Iguaçu, o cigarro e bebidas alcoólicas são apreendidos pela Receita Federal de forma constante, devido ao mercado contrabandista. O descarte dos produtos contrabandeados geralmente é realizado de forma inadequada, então foram avaliadas tecnologias para o aproveitamento de bebidas e cigarros contrabandeados apreendido pela Receita Federal, aplicando na produção de álcool 70% e na síntese de carvão ativado, respectivamente. A partir da destilação das bebidas alcoólicas resultaram em 3 lotes de álcool 70° INPM, no qual foram aplicadas análises químicas e físicas que ao serem comparadas com o álcool comercial tiveram valores semelhantes, com exceção de uma amostra. Além disso, foram analisados 4 adsorventes sintetizados a partir do tabaco dos cigarros, além do tabaco in natura. Os carvões foram sintetizados a partir de ativação química ( $H_3PO_4$  ou  $NaOH$ ) e ativação física (1 hora em mufla a  $750^\circ C$ ). O carvão ativado T2 (ativação química com ácido seguido de ativação térmica), obteve melhores resultados a partir das análises químicas e físicas, sendo a isoterma de Sips foi a mais adequada enquanto na cinética de adsorção de pseudo-segunda-ordem. Além disso, o carvão ativado se mostrou eficiente para a remoção da cor do efluente da destilação da bebida alcoólica contrabandeada.

**Palavras-chave:** Cigarro, Bebida Alcoólica, 70° INPM, Carvão Ativado, Contrabando.

## RESUMEN

Arias, Adrián Ernesto More; Oliveira, Hugo Andrade Guimaraes. TECNOLOGÍAS PARA LA REUTILIZACIÓN DE PRODUCTOS DECOMISADOS POR INGRESOS FEDERALES. 2022. 65 página Finalización del trabajo de curso (Graduado en Ingeniería Química) – Universidad Federal de la Integración Latinoamericana, Foz do Iguaçu, 2022.

En Brasil, especialmente en la ciudad fronteriza con Paraguay y Argentina, Foz do Iguazú, cigarrillos y bebidas alcohólicas son constantemente incautados por la Receta Federal, debido al mercado de contrabando. La disposición de los productos de contrabando suele realizarse de manera indebida, por lo que se evaluaron tecnologías para el aprovechamiento de bebidas y cigarrillos de contrabando aprehendidos por la Receta Federal, aplicando producción de alcohol al 70% y síntesis de carbón activado, respectivamente. De la destilación de bebidas alcohólicas resultaron 3 lotes de alcohol 70° INPM, en los que se aplicaron análisis químicos y físicos que, al compararlos con alcoholes comerciales, tuvieron valores similares, con excepción de una muestra. Además, se analizaron 4 adsorbentes sintetizados a partir de tabaco de cigarrillo, además del tabaco in natura. Los carbones se sintetizaron a partir de activación química ( $H_3PO_4$  o  $NaOH$ ) y activación física (1 hora en mufla a  $750^\circ C$ ). El carbón activado T2 (activación química con ácido seguida de activación térmica) obtuvo mejores resultados en los análisis químicos y físicos, siendo la isoterma Sips la más adecuada mientras que en la cinética de adsorción de pseudo segundo orden. Además, el carbón activado demostró ser eficiente para la remoción de color del efluente de destilación.

**Palabras clave:** Cigarrillo, Bebida Alcohólica, 70° INPM, Carbón Activado, Contrabando.

## ABSTRACT

Arias, Adrian Ernesto More; Oliveira, Hugo Andrade Guimaraes. TECHNOLOGYS FOR REUSE OF PRODUCTS SEIZED BY THE FEDERAL REVENUE. 2022. 65 page Completion of course work (Graduate in Chemical Engineering) – Federal University of Latin American Integration, Foz do Iguaçu, 2022.

In Brazil, especially in the border city with Paraguay and Argentina, Foz do Iguaçu, cigarettes and alcoholic beverages are constantly seized by the Federal Revenue, due to the smuggling market. Disposal of smuggled products is usually carried out improperly, so technologies for the use of smuggled beverages and cigarettes apprehended by the Federal Revenue were evaluated, applying 70% alcohol production and activated charcoal synthesis, respectively. From the distillation of alcoholic beverages resulted in 3 batches of 70° INPM alcohol, in which chemical and physical analyzes were applied, which when compared with commercial alcohol had similar values, with the exception of one sample. In addition, 4 adsorbents synthesized from cigarette tobacco were analyzed, in addition to in natura tobacco. The carbons were synthesized from chemical activation (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> or NaOH) and physical activation (1 hour in a muffle furnace at 750°C). Activated carbon T2 (chemical activation with acid followed by thermal activation) obtained better results from the chemical and physical analyses, with the Sips isotherm being the most adequate while in the pseudo-second-order adsorption kinetics. In addition, activated carbon proved to be efficient for the removal of color from the distillation effluent.

**Key words:** Cigarette, Alcoholic Beverage, 70° INPM, Activated Charcoal, Contraband.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Mercadorias mais contrabandeadas em Foz do Iguaçu
- Figura 2** – Substâncias químicas do Cigarro
- Figura 3** – Compostos químicos presentes no tabaco
- Figura 4** – Ilustração esquemático de uma coluna de destilação
- Figura 5** – Esquematização de um grânulo de carvão ativado
- Figura 6** – Tipo de curvas isotermas de adsorção
- Figura 7** – Etapas da metodologia do trabalho
- Figura 8** – Local de coleta dos produtos contrabandeados
- Figura 9** – Bebidas destiladas cedidas
- Figura 10** – Vista lateral da planta de destilação
- Figura 11** – Vista frontal da planta de destilação
- Figura 12** – Análise de Difração de Raio X
- Figura 13** – Análise Termogravimétrica
- Figura 14** – Microscópio Eletrônico de Varredura
- Figura 15** – Curvas de Isoterma de Adsorção
- Figura 16** – Curvas de Cinética de Adsorção
- Figura 17** – Resíduo da bebida após o tratamento com adsorventes

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** – Código das amostras do álcool 70° INPM

**Tabela 2** – Amostras dos adsorventes avaliados

**Tabela 3** – Ensaio de equilíbrio de adsorção com azul de metileno

**Tabela 4** – Caracterização do álcool 70° INPM obtido da destilação das bebidas

**Tabela 5** – Análise microbiológicas das amostras de álcool

**Tabela 6** – Teor de umidade, resíduos voláteis e cinzas do tabaco

**Tabela 7** – Parâmetros obtidos para adsorção de azul de metileno

**Tabela 8** – Dados referentes à cinética de adsorção

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
3.1 MERCADORIAS CONTRABANDEADAS NA FRONTEIRA BRASIL-PARAGUAI	14
3.2 CIGARRO .....	15
3.2.1 Histórico.....	15
3.2.2 Composição do cigarro .....	15
3.2.3 Tabaco.....	16
3.3 BEBIDAS ALCOÓLICAS .....	18
3.4 ÁLCOOL ETÍLICO .....	18
3.4.1 Álcool 70% INPM.....	19
3.4.2 Destilação .....	20
3.5 CARVÃO ATIVADO .....	22
3.5.1 Síntese do carvão ativado .....	23
3.5.2 Adsorção.....	23
3.5.3 Cinética de Adsorção .....	24
3.5.3.1 <i>Pseudo-primeira ordem</i> .....	25
3.5.3.2 <i>Pseudo-segunda ordem</i> .....	25
3.5.3.3 <i>Equação de Elovich</i> .....	25
3.5.4 Isotermas de Adsorção .....	26
3.5.4.1 <i>Isoterma de Langmuir</i> .....	27
3.5.4.2 <i>Isoterma de Freundlich</i> .....	28
3.5.4.3 <i>Isoterma de Sips</i> .....	29
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>30</b>
4.1 LOCAL DA COLETA.....	30
4.2 ETAPA DA DESTILAÇÃO .....	32
4.2.1 Destilação das bebidas alcoólicas .....	32
4.2.2 Preparação do álcool 70° INPM.....	34
4.2.3 Caracterização do álcool 70°INPM.....	35
4.2.3.1 <i>Teste microbiológico</i> .....	35
4.2.3.2 <i>Determinação do teor alcoólico (NBR 5992)</i> .....	35

4.2.3.3	<i>Determinação da acidez total (NBR 9866)</i> .....	35
4.2.3.4	<i>Determinação do pH (NBR 10891)</i> .....	36
4.3	<b>ETAPA DO ADSORVENTE</b> .....	36
4.3.1	<b>Caracterização do tabaco</b> .....	36
4.3.1.1	<i>Teor de Umidade</i> .....	36
4.3.1.2	<i>Teor de voláteis</i> .....	37
4.3.1.3	<i>Teor de cinzas</i> .....	37
4.3.2	<b>Síntese do Carvão Ativado</b> .....	37
4.3.3	<b>Caracterização do material adsorvente</b> .....	38
4.3.3.1	<i>Análise Termogravimétrica</i> .....	39
4.3.3.2	<i>Difração de Raios X</i> .....	39
4.3.3.3	<i>Microscópio Eletrônico de Varredura</i> .....	39
4.3.3.4	<i>Equilíbrio de adsorção</i> .....	39
4.3.3.5	<i>Cinética de adsorção</i> .....	40
4.3.4	<b>Tratamento do Efluente</b> .....	40
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>42</b>
5.1	<b>ANÁLISE DO ÁLCOOL 70° INPM</b> .....	42
5.2	<b>ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO TABACO</b> .....	43
5.3	<b>ANÁLISE DO CARVÃO ATIVADO</b> .....	44
5.3.1	<i>Difratogramas de Raios-X (DRX)</i> .....	44
5.3.2	<i>Análise Termogravimétrica (TG)</i> .....	47
5.3.3	<i>Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)</i> .....	49
5.3.4	<i>Equilíbrio de Adsorção</i> .....	50
5.3.5	<i>Cinética de Adsorção</i> .....	52
5.4	<b>TRATAMENTO DO RESÍDUO DA DESTILAÇÃO</b> .....	53
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com o destino final de resíduos industriais e urbanos tem alcançado níveis cada vez maiores na sociedade, já que em média são produzidos anualmente cerca de 1,3 bilhões de toneladas de resíduos mundialmente. Portanto, a disposição final desses resíduos representa uma grande problemática de âmbito mundial e há uma demanda significativa por tecnologias que sejam eficientes e que contribuam para o tratamento e aproveitamento destes (CESARO *et al.*, 2015; CAMPOS *et al.*, 2017).

A disposição de resíduos de produtos contrabandeados nas fronteiras do país também desperta preocupação. Segundo o Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social da Fronteira – IDESF, somente no ano de 2015, das 10 mercadorias mais contrabandeadas na região da Tríplice Fronteira, o cigarro representou 67,44% do total de produtos que chegaram ao Brasil pela fronteira com o Paraguai (SHIKIDA *et al.*, 2017). No ano de 2019, o contrabando de bebidas alcoólicas, provenientes da Argentina em sua maioria, sofreu um acréscimo de 101.343 garrafas. (H2FOZ, 2020).

A composição destes resíduos se torna uma problemática, por exemplo, o tabaco do cigarro apresenta grande quantidade de compostos ativos, nicotina e algumas substâncias muito tóxicas, como por exemplo terebentina, formol, amônia e a naftalina. As bebidas alcoólicas por sua vez são constituídas majoritariamente por água e álcool etílico (com uma porcentagem entre 3 e 40% na maioria dos casos), além de compostos secundários como ácidos orgânicos, ésteres, aldeídos e compostos indesejáveis como metanol (tóxico para o ser humano) (MORAES, 2010).

Atualmente, as bebidas alcoólicas e os cigarros contrabandeados apreendidos pela polícia federal em regiões fronteiriças não dispõem de um descarte ambientalmente adequado, fazendo com que grandes quantidades de resíduos sejam geradas. Dessa forma, este trabalho possui como objetivo analisar rotas para o aproveitamento desses itens de contrabando. Serão avaliados os processos de produção de álcool 70% por meio da destilação das bebidas e o processo de síntese de carvão ativado a partir do tabaco, com a finalidade de tratar os efluentes do processo de produção do álcool.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é avaliar tecnologias para o aproveitamento de bebidas e cigarros apreendidos pela Receita Federal, aplicados respectivamente na produção de álcool 70% e na síntese de carvão ativado.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar as bebidas e o tabaco;
- Realizar a destilação das bebidas;
- Caracterizar o álcool obtido na destilação, por análises químicas, físicas e microbiológicas específicas para aplicação tópica do produto;
- Sintetizar o carvão ativado a partir do tabaco, empregando rotas diversas de ativação física e química;
- Estudar a cinética e o equilíbrio de adsorção para definir qual o procedimento de síntese adequado para o material utilizado;
- Avaliar o desempenho do carvão ativado no tratamento do efluente da destilação das bebidas.

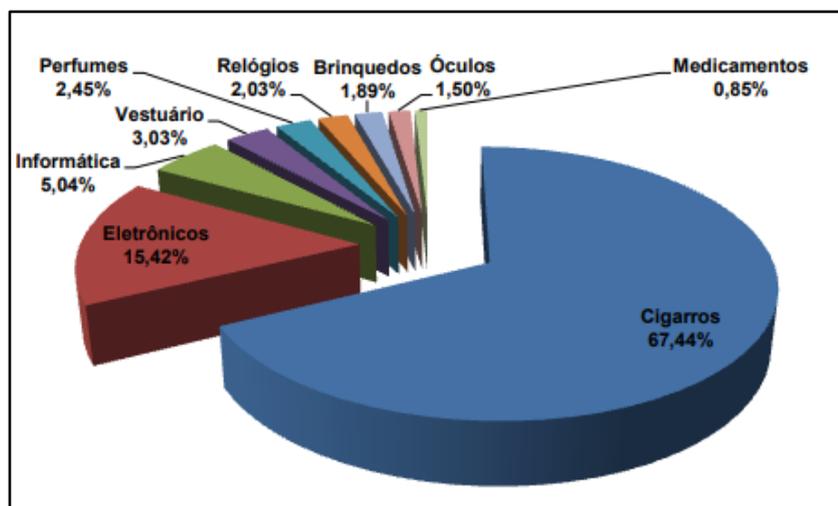
### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 MERCADORIAS CONTRABANDEADAS NA FRONTEIRA BRASIL-PARAGUAI

Segundo o Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social da Fronteira (IDESF, 2015), o Brasil deixa de arrecadar anualmente cerca de R\$ 100 bilhões com contrabando, prejuízo que poderia ser revertido em geração de políticas públicas e benefícios para toda a população. Na fronteira Brasil – Paraguai, localizada na cidade de Foz do Iguaçu, no estado do Paraná, a principal mercadoria apreendida é o cigarro. No ano de 2015 foram cerca de R\$ 6,4 bilhões em perdas, contando os prejuízos da indústria e o não pagamento de impostos. Neste ano, a apreensão de cigarro representou 67,44% do total das mercadorias interceptadas pela Receita Federal, conforme dados apresentados na Figura 1.

As bebidas alcoólicas também estão entre os itens mais contrabandeados no país. Somente no ano de 2015 foram apreendidas quase 100.000 garrafas contrabandeadas na cidade, o equivalente a mais de 74 milhões de litros, resultando em uma perda para a indústria superior a R\$ 3,7 milhões (ABRAPE, 2015).

Figura 1: Mercadorias mais contrabandeadas em Foz do Iguaçu.



Fonte: Mauri König, 2015

Segundo Alvares (2016), as bebidas alcoólicas representam um percentual de contrabando na fronteira de 0,35% que, apesar de um valor não tão expressivo como os cigarros e produtos eletrônicos, representa uma quantidade considerável, haja vista os riscos à saúde e ao meio ambiente, associados ao descarte

inadequado desse produto (NAGATO, 2001).

A produção, distribuição e comercialização de produtos contrabandeados são crimes classificados como falsificação, contrabando, descaminho e comércio ilícito. No Brasil, esses crimes são motivados principalmente pela alta carga tributária que incide sobre os produtos industrializados importados. Os impostos mais elevados aumentam a vantagem competitiva dos produtos ilegais e enfraquecem as empresas que operam legalmente no Brasil (SHIKIDA *et al.*, 2017). De acordo com os autores, a grande diferença entre o custo dos produtos paraguaios em relação aos produtos brasileiros está fortemente relacionada à taxa tributária entre esses países, ocasionando o crescimento nas vendas ilegais e entrada de mercadorias contrabandeadas em território brasileiro.

## 3.2 CIGARRO

### 3.2.1 Histórico

Segundo Muakad (2014), o uso do tabaco surgiu entre as populações indígenas da América Central, em rituais de magias e atos religiosos. A planta, cientificamente denominada *nicotiana tabacum*, teria chegado ao Brasil pela migração de tribos tupis-guaranis, ficou conhecida pelos portugueses, tendo seu uso se disseminado no século XVI pela Europa, introduzido por Jean Nicot diplomata francês vindo de Portugal, sendo o produto utilizado para curar as enxaquecas da rainha da França.

Atualmente, a população mundial é de aproximadamente 8 bilhões de habitantes, desde número cerca de 1,1 bilhão da população mundial são fumantes, sendo o tabagismo a mais grave causa de enfermidades e mortes prematuras, associadas a doenças cardíacas e neoplasias (principalmente o câncer de pulmão), atingindo proporção de epidemia global com número de mortes mais de 7,6 milhões de mortes em 2019 (FIGUEIREDO, 2021).

### 3.2.2 Composição do cigarro

O tabaco em conjunto com o papel e o filtro, são os principais componentes do cigarro, sendo os demais elementos, denominados ingredientes, os responsáveis pela adição de substâncias flavorizantes e intensificadores (PAUMGARTTEN, 2017). Na Figura 2 são elencadas as substâncias químicas que compõem o cigarro. No total, são cerca de 5.700 substâncias, dentre as quais se

destacam a nicotina e o alcatrão.

Figura 2: Sustâncias químicas do cigarro.



Fonte: UnimedVivaMelhorSemCigarro

Após a queima do cigarro são descartados o filtro (bituca) e o tabaco que constitui o cigarro é todo queimado, juntamente com o papel. O filtro permanece intacto e por ter absorvido substâncias tóxicas, torna-se um poluente ao meio ambiente quando descartado incorretamente.

### 3.2.3 Tabaco

O tabaco é uma planta pertencente à família das solanáceas do gênero *Nicotiana*. Existem cerca de 60 espécies e as principais cultivadas são a *Nicotiana rustica* e *Nicotiana tabacum*. É uma planta bastante adaptável a diferentes condições climáticas e solo, encontrada já no período pré colombiano, do leste do Canadá ao sul da Argentina; do Atlântico ao Pacífico e da Costa Noroeste da América do Norte à Cordilheira Aleutianas e no Alasca (KAMINSKI, 2020).

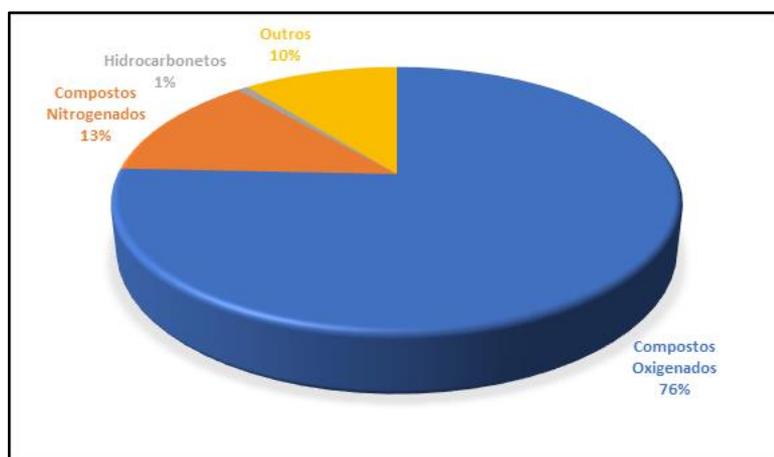
A produção do tabaco ocorre geralmente em pequenas propriedades, no modelo de agricultura familiar. O Brasil é segundo maior produtor de tabaco no mundo, no qual entre os anos de 2019/2020 foram produzidas cerca de 603 mil toneladas de tabaco em uma área média de 261 mil hectares, localizadas em 544

municípios da região. A fabricação do cigarro ocorre em usinas e unidades de compra de tabaco instaladas na região, empregando aproximadamente 30 mil trabalhadores (SINDITABACO, 2020).

Segundo Kaminski (2020), a fumicultura provoca desmatamento em função da grande quantidade de lenha necessária para o processo de secagem das folhas de fumo em estufas. Os incêndios acidentais provocados por cigarros acesos também impactam o ambiente. Os riscos existentes no processo de cultivo do tabaco provocam nos agricultores: doença da folha verde do tabaco, intoxicação por agrotóxicos, câncer pela exposição à radiação solar, entre outras doenças e agravos.

De acordo com Rodgman e Perfetti (2013), o consumo do tabaco está associado à sua composição química. Este contém cerca de 5700 substâncias químicas orgânicas e inorgânicas naturais, provenientes do plantio, processamento pós-colheita e industrialização; além de substâncias geradas por processos oxidativos e pirólise presentes na fumaça e material particulado; conforme Figura 3.

Figura 3: Compostos químicos presentes no tabaco.



Fonte: Adaptado de The Chemical Components of Tobacco and Tobacco Smoke (2008).

A fim de serem importados, exportados e comercializados, os produtos derivados do tabaco devem estar registrados no órgão regularizador, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em conformidade com a Resolução RDC n. 90/2007, que é a norma que define as regras para o registro de produtos fumígenos derivados do tabaco.

### 3.3 BEBIDAS ALCOÓLICAS

De acordo com a Lei nº. 8.918, de 14 de julho de 1994, a denominação bebida atribui-se a todo produto industrializado, destinado à ingestão humana, em estado líquido, sem utilidade médica ou terapêutica. As bebidas são obtidas a partir de diferentes processos (mistura, fermentação e destilação), que permite uma variedade deste produto, sendo assim, classificadas em cinco grupos: as bebidas naturais (água, leite e suco de frutas); infusões (chás e café); bebidas alimentares; bebidas refrescantes (coquetéis, sucos, xaropes de refrigerante, etc.) e bebidas alcoólicas (fermentadas, destiladas e destiladas xaroposas - vinhos, aguardente e licores) (LIMA, 2016).

Os problemas das bebidas falsificadas são originados durante o processo de fabricação pela formação de componentes secundários, que apesar da baixa concentração determinam a qualidade do produto final (BINDLER, 1988). Geralmente contêm altas concentrações de metanol, que podem ultrapassar os valores determinado pela legislação brasileira causando intoxicação, acarretando desde dor de cabeça, náuseas e vômitos até cegueira e morte, com o consumo respectivamente de 20 mL e 60 mL de metanol (GOSSELIN, 1976).

Segundo Lima (2016), o principal componente, o álcool, pode estar presente nas bebidas alcoólicas em concentrações que variam de 0,5 a 49%, em volume. As diferenças organolépticas identificadas nas bebidas alcoólicas são decorrentes, principalmente, da matéria-prima utilizada e do teor alcoólico. Vale ressaltar que a legislação brasileira limita a concentração máxima de etanol em bebida alcoólica destinada ao consumo humano, com teor final entre 38% e 60% (LIMA, 2016).

As bebidas alcoólicas são divididas em dois grupos, em função da tecnologia de produção, as bebidas alcoólicas fermentadas (cervejas, fermentados de cana, fermentados de frutas, vinhos, espumantes e sidra) e as fermento-destiladas (cachaça, rum, tequila e whisky). Uma bebida destilada é o resultado da destilação de um mosto depois da fermentação alcoólica com a finalidade de elevar o teor alcoólico.

### 3.4 ÁLCOOL ETÍLICO

O álcool etílico, ou também conhecido como etanol ( $C_2H_5OH$ ), é uma substância orgânica pertencente ao grupo dos álcoois. Se caracteriza por ser

inflamável, incolor e de odor característico. É considerado uma substância neutra, com um pH de 7,0, temperaturas de fusão e ebulição de  $-112^{\circ}\text{C}$  e  $78,3^{\circ}\text{C}$ , respectivamente e peso molecular de  $46,07\text{g/mol}$  (DOS SANTOS, 2010).

O etanol pode ser obtido a partir da fermentação de açúcares presentes em produtos/materiais orgânicos, como a cana-de-açúcar. Hoje o Brasil representa uma potência na indústria da cana-de-açúcar, cerca de 425 milhões de toneladas são produzidas anualmente, dos quais 85% são destinados à produção de etanol (BASTOS, 2019).

A fermentação alcoólica é uma sequência de reações nas quais microrganismos (leveduras) atuam sobre os açúcares, produzindo, principalmente, etanol e gás carbônico. As leveduras mais utilizadas para a fermentação dos açúcares são as *Saccharomyces cerevisiae*, espécies relacionadas e *Schizosaccharomyces pombe* (LIMA, 2016).

A utilização do álcool etílico nas suas origens foi direcionada à fabricação de bebidas alcoólicas e como matéria prima nas indústrias farmacêuticas e de perfumaria. A partir do ano de 1975, com a criação do Proálcool (Programa Nacional do Álcool), o etanol tomou um novo rumo no mercado brasileiro, tornando-se opção de combustível, podendo ser misturado à gasolina ou utilizado em uma pureza de 95%. A diferença entre os combustíveis fósseis e o álcool etílico ganhou destaque pelo fato deste ser um biocombustível obtido a partir de fontes renováveis, de preço reduzido, em comparação com a gasolina (PACHECO, 2011).

### 3.4.1 Álcool 70% INPM

A difusão de doenças infecciosas representa uma grande preocupação entre profissionais da área da saúde. Neste sentido, a realização do processo de desinfecção juntamente com a limpeza eficiente de superfícies é de grande importância no controle de infecções hospitalares com a finalidade de impedir a contaminação cruzada entre os profissionais e pacientes. Para a descontaminação do local geralmente é recomendado a limpeza antecipada utilizando água e sabão neutro, seguida de desinfecção com um agente microbicida como o álcool 70% INPM ou hipoclorito de sódio (FERREIRA, 2011).

O grau de desinfecção é determinado pela capacidade de inativar enzimas, desnaturar proteínas e velocidade em eliminar microrganismos, sendo considerado: nível baixo (eliminação da maioria das bactérias, alguns vírus e

fungos, sem a inativação de microrganismos mais resistentes), nível intermediário (inativação das formas vegetativas de bactérias, da maioria dos vírus e dos fungos) e nível alto (destruição de todos os microrganismos, com exceção dos esporulados) (SANTOS, 2002). Com isso, segundo a classificação do Center of Diseases Control and Prevention (CDC) o álcool a 70% INPM é considerado germicida de nível intermediário, sendo mais utilizado o etanol, devido ao seu menor custo quando comparado a outros desinfetantes (RUTALA, 2008).

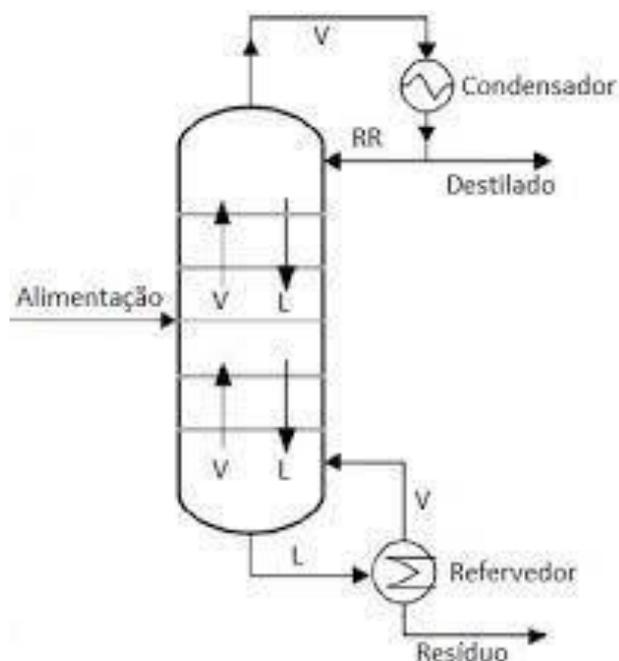
O grau de hidratação é um fator significativo na atividade antimicrobiana. A solução alcoólica a 70% INPM apresenta uma elevada eficiência como agente de desinfecção, ao passo que a atividade antimicrobiana decresce acentuadamente em concentrações inferiores a 50% INPM e superiores a 70% INPM (GIROU, 2004).

#### 3.4.2 Destilação

Segundo Kister (1990), o processo de destilação é uma operação unitária empregada na separação de soluções líquidas, baseada na transferência de massa entre as fases líquido e vapor, ou seja, separação de substâncias líquidas presentes em uma determinada mistura a partir da diferença de volatilidade, tendo como principais aplicações a produção de bebidas alcoólicas e combustíveis.

A separação ocorre nas colunas de destilação, que são constituídas principalmente por pratos ou bandejas, contendo uma caldeira em sua base e um condensador no topo, como mostra a Figura 4. A caldeira, que pode ser regulada termicamente, vaporiza o composto que se deseja isolar da amostra, provocando o aumento da concentração do componente mais volátil na fase vapor, enquanto a concentração do componente menos volátil se vê aumentada na fase líquida ainda presente na caldeira.

Figura 4: Ilustração esquemática de uma coluna de destilação.



Fonte: Pacheco, 2011.

O vapor que ascende pela coluna de destilação entrará no condensador (o líquido condensado, chamado de produto de topo, terá maior concentração do componente cuja temperatura de ebulição é menor) e o líquido condensado será separado e diferenciado do líquido restante no refeedor (o líquido que volta para o refeedor, chamado de caudal ou produto de fundo, terá maior concentração do componente de maior temperatura de ebulição). A coluna é instrumentada com válvulas que permitem controlar a vazão da água fria que passa pelo condensador assim como a alimentação da substância a ser destilada (BATISTA, 2008).

### 3.5 CARVÃO ATIVADO

O carvão ativado, ou carvão ativo (CA) é um dos materiais adsorventes mais utilizados para o tratamento de resíduos, sendo sua principal aplicação a remoção de compostos orgânicos, odor, gosto e cor. Ele pode ser produzido a partir de diferentes biomassas (tabaco de cigarro, restos de plantas, madeira e resíduos agrícolas) ao serem submetidos a um processo/etapa de ativação (química, física e/ou térmica), visando o aumento da área superficial. Em geral, a área superficial do CA varia entre 300 e 2500 m<sup>2</sup>/g, dependendo do material utilizado com precursor e do processo de ativação ao qual este material é submetido (ALVES, 2007).

De acordo com Gonçalves *et al.* (2006), o CA é uma forma microcristalina, não grafitica de carbono. Apresenta-se como um sólido predominantemente amorfo, na forma de pó ou granulado, que foi processado para desenvolver porosidade interna, aumentando a área superficial e o volume de poros. Devido a sua boa propriedade de adsorção, o CA é amplamente usado como adsorvente em aplicações tanto em fase líquida como gasosa.

Materiais porosos e com alta quantidade de carbono dispõe de uma propriedade natural de absorver moléculas e partículas sólidas, ou seja, são bons elementos filtrantes para tratamento de efluentes (CLAUDINO, 2003). Ademais, o material apresenta alta capacidade de adsorção devido a estrutura altamente porosa, visto que moléculas ou íons presentes no fluido aderem à superfície de um sólido por meio de interações físicas ou químicas (WILLIAMS & REED, 2006).

Segundo Kuroda (2005), a eficiência do carvão ativado é afetada por fatores essenciais como: o mecanismo de ativação ao qual foi submetido; material orgânico a partir do qual foi obtido; pH; aspecto, arranjo e volume dos poros; teor de cinzas; presença de grupos funcionais de superfície e pelas condições do processo de adsorção (temperatura, tempo de uso, agitação, presença de agentes concorrentes pelo mesmo lugar de adsorção, servindo estes de apoio ou atraso ao processo de adsorção).

### 3.5.1 Síntese do carvão ativado

A ativação é o processo responsável pela conversão de um material de origem vegetal, animal ou mineral em um adsorvente com área superficial elevada, bem como aumento do diâmetro dos poros e a formação de novos poros nesses materiais a partir da oxidação dos átomos de carbonos (OLIVEIRA, 2016).

Na ativação química, a biomassa é impregnada com um agente químico ativante, dentre os mais utilizados destacam-se sais, ácidos e bases, como, por exemplo,  $H_3PO_4$ ,  $KOH$ ,  $ZnCl_2$ ,  $H_2SO_4$ ,  $(NH_4)_2HPO_4$ ,  $K_2CO_3$  e após a impregnação, o precursor é pirolisado. Nesta etapa, ocorre a desidratação de agentes ativantes e consequente inibição da formação de alcatrão, considerada fundamental para elevar o rendimento de carbono poroso, diminuir o tempo e a temperatura de ativação, ao comparar com a ativação física (OLIVEIRA, 2016).

A ativação física ocorre em duas etapas, a primeira consiste na pirólise do material precursor carbonáceo a uma temperatura elevada (500 °C a 1000 °C), enquanto na segunda etapa é tratado o produto da pirólise, à mesma temperatura ou a temperatura mais elevada, na presença de gás oxidante, geralmente são utilizados vapor d'água, dióxido de carbono ou mistura dos dois. O carbono então reage com o agente oxidante produzindo óxidos de carbono, provocando a remoção do material carbonáceo que está no interior das partículas (OLIVEIRA, 2016).

### 3.5.2 Adsorção

Se entende por adsorção como um processo de transferência de massa. Ocorre sobre um determinado agente adsorvente no estado sólido, que possui a capacidade de concentrar em sua interface determinadas substâncias líquidas ou gasosas, denominadas adsorbato ou adsorvato; assim, quanto maior for a área da superfície do sólido, maior será o processo de adsorção (BORGES, 2016).

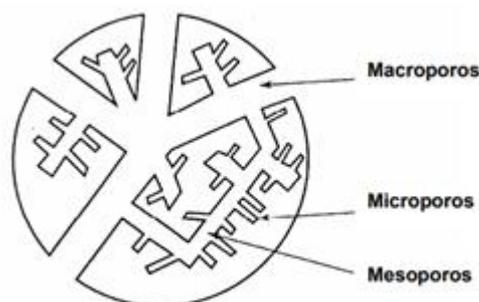
O fato de o carvão ativado ser produzido a partir de materiais carbonáceos capazes de aprimorar a sua porosidade interna, o torna uma substância com propriedades de adsorção de grande interesse (BORGES, 2016). Existem três principais fatores capazes de influenciar na capacidade adsorptiva do carvão ativado, sendo elas o acesso à superfície interna, as forças físicas atuantes nele e por último (e em ocasiões desprezado) a composição química dos mesmos

(OLIVEIRA, 2016).

O acesso à superfície interna está associado à presença de poros que podem ser classificados em três tipos diferentes, em função do seu tamanho:

- Microporos (poros com diâmetro menor a 2 nanômetros) - responsáveis por reter as soluções aquosas a baixas pressões atmosféricas, provocando uma elevada capacidade de adsorção;
- Mesoporos (poros com diâmetro entre 2 e 50 nanômetros);
- Macroporos (diâmetro superior aos 50 nanômetros) - participam no processo adsorptivo por meio da ação capilar e funcionam como canal para que o adsorbato passe aos microporos (BUENO, 2017). A Figura 5 mostra a imagem de um grânulo de carvão ativado e sua estrutura porosa.

Figura 5: Esquemática de um grânulo de carvão ativado.



Fonte: BUENO, 2017

As forças físicas atuantes no meio se devem principalmente às interações/forças de Van der Waals, que são forças eletrostáticas entre o adsorbato e adsorvente, promovendo uma ligação entre estas moléculas. Como todo processo adsorptivo envolve a troca iônica entre as moléculas, que permanecem agregadas à superfície de um sólido, para Bueno (2017) quanto maior for a superfície reagente livre para o contato, maior será a quantidade de elementos adsorvidos e mais eficiente será o sistema, até o ponto de saturação do adsorvente.

### 3.5.3 Cinética de Adsorção

Segundo Rocha *et al.* (2012), a cinética da adsorção retrata a velocidade com que ocorre a adsorção do adsorbato nas partículas de adsorvente, relacionando-se com as características físicas e químicas destes e do meio

reacional. Os modelos cinéticos podem ser discutidos, considerando um conjunto de obstáculos à transferência de massa, como reação química, controle da difusão e resistência à difusão na superfície do fluido estagnado. Os modelos mais empregados são os de pseudo-primeira ordem, pseudo-segunda ordem e o modelo de difusão intrapartícula.

### 3.5.3.1 Pseudo-primeira ordem

O modelo de pseudo-primeira ordem, também denominado de equação de Lagergren, baseia-se na lei de resfriamento de Newton, aplicada à capacidade do sólido na adsorção de líquidos (LAGERGREN, 1898). Este modelo considera que a adsorção ocorre como decorrência de um gradiente de concentração entre a superfície do adsorvente e a solução, sendo representado pela Equação 1.

$$q_t = q_{eq} * (1 - e^{-k_1*t}) \quad (\text{Eq.1})$$

onde  $q_{eq}$  e  $q_t$  são as quantidades adsorvidas por grama de adsorvente no equilíbrio e no tempo  $t$ , respectivamente ( $\text{mg.g}^{-1}$ );  $k_1$  é a constante da taxa de adsorção de pseudo-primeira ordem ( $\text{min}^{-1}$ ).

### 3.5.3.2 Pseudo-segunda ordem

O modelo cinético de pseudo-segunda ordem também é baseado na capacidade de adsorção da fase sólida, assumindo como hipótese que a adsorção química é o processo limitante, uma vez que assume que existem as forças covalentes entre o adsorvente e o adsorbato (HO & MCKAY, 1999). Esse modelo pode ser descrito pela Equação 2.

$$q_t = \frac{k_2*q_{eq}^2*t}{1+k_2*q_{eq}*t} \quad (\text{Eq.2})$$

onde as variáveis são as mesmas da pseudo-primeira ordem, com acréscimo de  $k_2$  que é a constante da taxa de pseudo-segunda ordem ( $\text{g. mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ).

### 3.5.3.3 Equação de Elovich

O modelo de Elovich é um dos mais usados quando os processos de

adsorção se relacionam com quimissorção em superfície sólida e a velocidade de adsorção é decrescente com o tempo devido à cobertura da camada superficial. Ademais, esse modelo é caracterizado por representar a cinética em duas etapas: etapa lenta relacionada à difusão do composto para o interior e exterior dos microporos do adsorvente, enquanto a etapa rápida descreve a quantidade de sítios acessíveis do adsorvente (HO & MCKAY, 1999), sendo descrito pela Equação 3.

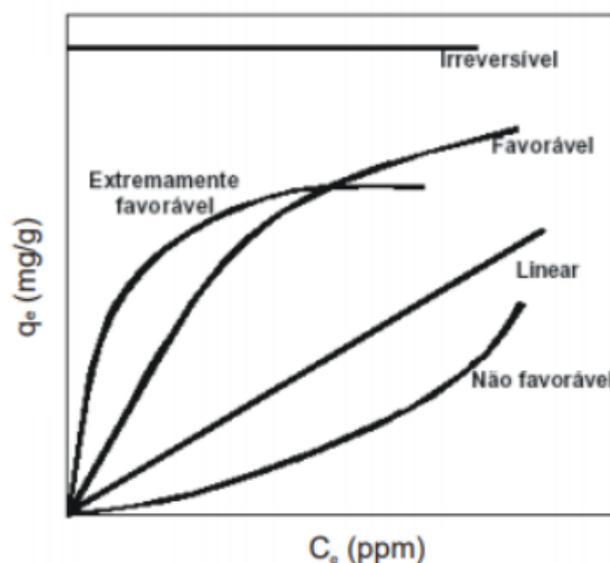
$$q_t = \frac{1}{b} * \ln (1 + a * b * t) \quad (\text{Eq.3})$$

onde “a” retrata a velocidade de adsorção inicial ( $\text{mg.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) quando o tempo tende a zero, “b” uma constante relacionada a superfície recoberta e a energia de ativação ( $\text{mg.g}^{-1}$ ).

### 3.5.4 Isotermas de Adsorção

Segundo Alleoni (1998), as isotermas de adsorção (Langmuir, Freundlich e outras) são equações matemáticas que representam, de maneira quantitativa, o processo de adsorção de adsorvatos por uma superfície adsorvente, ou seja, quanto da substância líquida ou gasosa fica retida na superfície do material adsorvente; através de curvas e funções das concentrações das substâncias encontradas na solução de equilíbrio. A Figura 6 ilustra as diversas curvas de isotermas de adsorção.

Figura 6: Tipo de curvas de isotermas de adsorção.



Fonte: SOUSA, 2018

Entre as isotermas da figura 6, tem-se a isoterma linear. Esta se caracteriza por ter uma adsorção diretamente proporcional à concentração da amostra. Por outro lado, a isoterma irreversível se caracteriza por ter uma adsorção constante independente da concentração de líquido. As isotermas côncavas são as mais convenientes, devido à sua alta capacidade adsortiva, mesmo a concentrações muito baixas; enquanto isotermas convexas, são reconhecidas pela sua dificuldade ao adsorver as concentrações desejadas (SOUSA, 2018).

Ademais, à medida que o equilíbrio de adsorção é estabelecido, obtém-se a capacidade de adsorção do adsorvente ( $q$ , em massa ou mols de adsorvato, por unidade de massa de adsorvente) e a concentração final de soluto na solução em equilíbrio ( $C_e$  em gramas ou mols por litro de solução). Assim, ao aplicar a equação 4 é possível obter a curva da isoterma de adsorção (NASCIMENTO, 2014).

$$q = \frac{(C_0 - C_e)}{m} * V \quad (\text{Eq.4})$$

Na qual,  $q$  é a capacidade de adsorção ( $\text{mg g}^{-1}$ );  $C_0$  é a concentração inicial do adsorvato ( $\text{mg L}^{-1}$ );  $C_e$  representa a concentração do adsorvato no equilíbrio ( $\text{mg L}^{-1}$ );  $V$  é o volume da solução em L; e  $m$  é a massa do adsorvente em g.

De acordo com Petroni (2004) a elaboração de isotermas de adsorção é uma maneira comum e utilitária a fim de quantificar a adsorção no material estudado.

#### 3.5.4.1 *Isoterma de Langmuir*

A isoterma de Langmuir é aplicada para a adsorção em monocamada na superfície, envolvendo um número finito de sítios, no qual as moléculas são adsorvidas e aderidas na superfície do adsorvente em sítios ativos definidos e localizados. Além disso, cada sítio ativo pode acomodar uma molécula e a energia de adsorção de cada espécie adsorvida é a mesma em todos os sítios da superfície (CIOLA, 1981). Assim, o modelo matemático de Langmuir é expresso em sua forma linear pela equação 5 (ALLEN, 2003).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L} + q_m C_e \quad (\text{Eq.5})$$

Na qual,  $q_e$  ( $\text{mg g}^{-1}$ ) representa a quantidade de soluto na fase sólida no equilíbrio,  $C_e$  ( $\text{mg L}^{-1}$ ) é a concentração da fase líquida no equilíbrio,  $K_L$  ( $\text{L}^{-1} \text{mg}$ ) é a constante de Langmuir e está relacionada com a capacidade e energia de adsorção (CRINI, 2008; ALLEN, 2004) e  $q_m$  representa a quantidade máxima de soluto adsorvido para a formação de uma monocamada completa ( $\text{mg g}^{-1}$ ).

A isoterma de adsorção apresenta um comportamento favorável ou não ao processo de adsorção. A constante  $R_L$ , calculada pela equação 6, representa um parâmetro de equilíbrio. A adsorção é considerada favorável se  $0 < R_L < 1$ , desfavorável se  $R_L > 1$ , linear quando  $R_L = 1$  e irreversível para os casos em que  $R_L = 0$  (CIOLA, 1981).

$$R_L = \frac{1}{(1+K_L C_0)} \quad (\text{Eq.6})$$

Na qual,  $C_0$  é a concentração inicial de maior valor ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e  $K_L$  a constante de Langmuir.

#### 3.5.4.2 Isoterma de Freundlich

O modelo matemático proposto por Freundlich é uma equação exponencial. Esse modelo assume que a concentração de adsorvido aumenta juntamente com a concentração deste na superfície do adsorvente, propondo que a adsorção ocorre em multicamadas de superfícies heterogêneas e em vários tipos de sítios de adsorção (NASCIMENTO *et al.*, 2014). Este modelo ainda permite que seja determinada a área superficial e a estrutura porosa do material, apresentando um bom ajuste particularmente na adsorção de líquidos (NASCIMENTO *et al.*, 2014). A expressão de Freundlich em sua forma linear é apresentada na equação 7.

$$\ln(q) = \ln(K_f) + \frac{1}{n} \ln(Ceq) \quad (\text{Eq.7})$$

Na qual,  $K_f$  representa a capacidade de adsorção ( $\text{mg g}^{-1}$ ),  $n$  indica a intensidade de adsorção e está relacionado à heterogeneidade da superfície do adsorvente, e  $Ceq$  é a concentração do íon em equilíbrio na solução ( $\text{mg L}^{-1}$ ).

Vale ressaltar que, ao relacionar a constante de Freundlich ( $K_F$ ), sendo a capacidade de adsorção e a intensidade de adsorção ( $n$ ), resulta que a adsorção será favorável para os valores de  $n$  na faixa  $1 < n < 10$ .

### 3.5.4.3 Isoterma de Sips

Se entende pela isoterma de Sips como a combinação dos modelos de Langmuir e Freundlich, representada pela equação 8 a seguir:

$$q = \frac{(Q_{m\acute{a}x} * K_s * C_e^{\frac{1}{n_s}})}{(1 + K_s * C_e^{\frac{1}{n_s}})} \quad (\text{Eq.8})$$

Na qual,  $K_s$  constante de adsorção de Sips ( $\text{mg g}^{-1}$ ),  $n_s$  expoente adimensional de Sips e  $Q_{m\acute{a}x}$  a capacidade máxima de adsorção do adsorvente

A isoterma de Sips depende das concentrações do adsorvato. Para altas concentrações, o modelo de Sips tomará a forma do modelo Langmuir em camada única, enquanto poderá tomar a forma do modelo de Freundlich para baixas concentrações do adsorvato (DOS REIS, 2015).

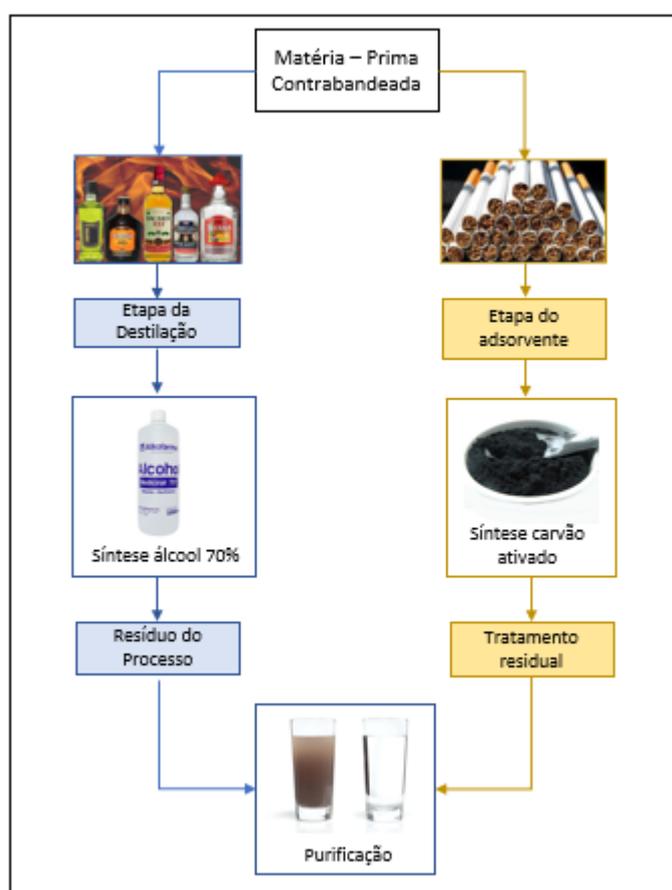
## 4 METODOLOGIA

O trabalho foi dividido em duas etapas principais, como pode ser visto na Figura 7:

- Etapa da Destilação: nesta etapa foi realizada a destilação das bebidas apreendidas para a obtenção do álcool, a preparação do álcool 70 °INPM e a caracterização do produto para determinar sua viabilidade de utilização como produto para desinfecção.

- Etapa de Adsorção: nesta etapa foi realizada a síntese e caracterização do carvão ativado, que foi avaliado como adsorvente no tratamento do efluente do processo de destilação.

Figura 7: Etapas da metodologia do trabalho.



Fonte: Autores (2022).

### 4.1 LOCAL DA COLETA

As bebidas destiladas e o cigarro, ambos produtos de contrabando, foram

doados pela Receita Federal de Foz do Iguaçu/Paraná. Na Figura 8 pode ser vista a localização da sede da Receita Federal, próximo à tríplice fronteira Argentina-Brasil-Paraguai.

Figura 8: Local de coleta dos produtos contrabandeados.



Fonte: Google Maps (2021).

As bebidas destiladas foram acondicionadas em tonéis de plástico (Figura 9) com capacidade de 240 L, enquanto o cigarro foi colocado em sacolas plásticas já separados em seus constituintes, papel, tabaco e filtro. É importante destacar que a coleta das bebidas segue o padrão adotado pela Receita Federal para o descarte destas, compostas de uma mistura das diversas bebidas destiladas apreendidas.

Figura 9: Bebidas destiladas cedidas.



Fonte: William Brisida/RPC, 2020.

## 4.2 ETAPA DA DESTILAÇÃO

No total, foram recebidos 3 tonéis de 240 L contendo as bebidas. Para cada galão recebido foi retirada uma amostra de aproximadamente 1L com o objetivo de determinar o teor alcoólico da bebida.

### 4.2.1 Destilação das bebidas alcoólicas

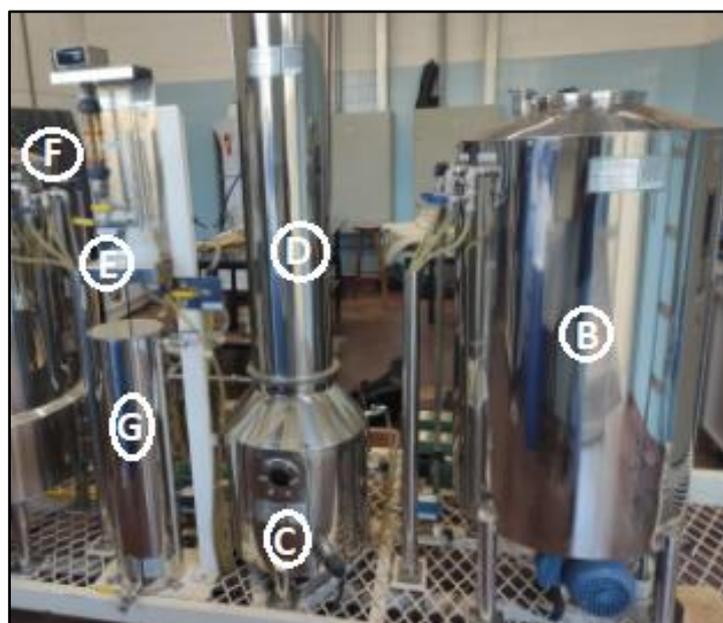
As bebidas foram destiladas na planta piloto de produção de etanol (CBB Bioprocessos), instalada no Laboratório de Biocombustíveis da UNILA. A planta é composta, dentre outros acessórios, por painel de controle (A); tanque de fermentação (B); caldeira ou fonte de energia (C); coluna de destilação (D); medidor de teor alcoólico (E); medidor de fluxo (F); tanque de armazenamento de álcool (G), além de um condensador, duas bombas, e tubulações para a alimentação e retirada dos produtos. As Figuras 10 e 11 mostram a unidade de destilação em uma vista lateral e frontal, respectivamente. Neste processo, o tanque de fermentação foi utilizado para armazenamento da bebida anterior à destilação.

Figura 10: Vista lateral da planta de destilação.



Fonte: Autores (2022).

Figura 11: Vista frontal da planta de destilação.



Fonte: Autores (2022).

Três sensores de temperatura, um no condensador, um no tanque de fermentação e um na caldeira, permitem o monitoramento durante todo o processo

de destilação. No condensador, o resfriamento do álcool é feito por um fluxo contracorrente de água inicialmente à temperatura ambiente, que é descartada diretamente no esgoto. A temperatura do vapor, em torno de 78,4°C, corresponde ao ponto de ebulição do etanol e é controlada pela vazão de alimentação da bebida e da água de resfriamento.

Para o início da destilação, uma vez atingida a temperatura da caldeira, isto é, a temperatura de fervura da água, a bebida foi alimentada no tanque de armazenamento. Esta foi bombeada para a coluna de destilação por uma bomba acionada pelo comando digital do sistema e a vazão de líquido foi regulada manualmente.

O teor alcoólico do destilado foi monitorado no coletor, equipado com um densímetro. Amostras do álcool foram coletadas em intervalos de 15 minutos e armazenadas em geladeira para posterior caracterização. O resíduo da bebida, agora diluído com a água da caldeira, foi retirado e armazenado para posterior tratamento.

#### 4.2.2 Preparação do álcool 70° INPM

O álcool 70° INPM (77 °GL) foi preparado a partir do etanol obtido da destilação das bebidas. Três amostras do álcool foram obtidas a partir dos tonéis de bebidas doados pela RFB. Na Tabela 1 são definidos os códigos utilizados para cada uma das amostras preparadas, bem como a amostra comercial utilizada para comparação.

Tabela 1. Código das amostras do álcool 70° INPM

<b>Códigos</b>	<b>Amostras de álcool</b>
A0	Álcool comercial 70° INPM.
A1	Álcool 70° INPM – lote 1
A2	Álcool 70° INPM – lote 2
A3	Álcool 70° INPM – lote 3

Fonte: Autores (2022).

Para a preparação do álcool 70° INPM considerou-se a relação entre o volume de etanol e o volume de água destilada purificada, conforme apresentado pela equação (9).

$$C_a * V_a = C_b * V_b \text{ (Eq.9)}$$

Sendo qual,  $C_a$  concentração do álcool a ser diluído (°GL),  $V_a$  o volume do álcool a ser diluído (mL),  $C_b$  concentração do álcool objetivo (77 °GL) e  $V_b$  volume do álcool objetivo (mL).

### 4.2.3 Caracterização do álcool 70°INPM

#### 4.2.3.1 Teste microbiológico

O álcool produzido foi submetido ao ensaio microbiológico por meio da exposição do mesmo a bactérias como *Escherichia Coli*, *Pseudomonas aureginosas* e *Staphylococcus aureus*. Primeiramente, amostras de 50 mL do meio Müeller Hinton foram preparadas com alíquotas de 10, 20, 30 e 40 mL do álcool 70°INPM produzido. Paralelamente, os microrganismos foram esparzidos ao redor de várias placas de vidro. Em sequência, amostras de 5mL de cada solução Müeller Hinton foram aplicadas às placas de vidro e, em seguida, realizou-se a incubação delas por 24 horas. Após o período de incubação, o controle e a avaliação da presença ou ausência dos microrganismos foi avaliado microscopicamente (DE ARAÚJO, 2021).

#### 4.2.3.2 Determinação do teor alcoólico (NBR 5992)

Uma proveta contendo uma amostra do álcool foi imersa em um banho termostático a temperatura de 20°C, tendo sua temperatura aferida constantemente por um termômetro digital. Ao atingir a temperatura desejada, um densímetro de etanol foi submerso na proveta e girando levemente sobre o próprio eixo para acelerar o processo de estabilização, certificando que o densímetro não encostasse nas paredes da vidraria. Uma vez estabilizado, foi feita a leitura do teor alcoólico da amostra. A temperatura final foi aferida novamente, de modo a garantir que a diferença entre a temperatura inicial e final não ultrapassasse 0,5°C, em conformidade com a norma.

#### 4.2.3.3 Determinação da acidez total (NBR 9866)

A titulação colorimétrica foi realizada com o uso de uma bureta calibrada de 50 mL, um erlenmeyer de 250 mL e uma proveta de 50 mL. Inicialmente foi realizada uma titulação ácido-base do branco, em um erlenmeyer contendo 50mL de água deionizada e 5 gotas de indicador fenolftaleína. O titulante utilizado foi uma

solução aquosa de NaOH (0,02 mol.L<sup>-1</sup>), padronizada anteriormente. A solução padronizada foi colocada na bureta graduada, em seguida o volume consumido até o ponto de viragem foi anotado. O mesmo procedimento foi realizado para as amostras de etanol. O teor de acidez total foi determinado a partir da equação (10).

$$AT = \frac{M \cdot PM \cdot 1000 \cdot (V_2 - V_b)}{V_1} \text{ (Eq 10)}$$

na qual, AT é a acidez total (mg.L<sup>-1</sup>); M é a concentração molar real do NaOH (0,02 mol.L<sup>-1</sup>); PM é a massa molar do etanol (g.mol<sup>-1</sup>); V<sub>1</sub> é o volume de etanol (mL); V<sub>b</sub> é o volume de NaOH gasto na titulação do branco e V<sub>2</sub> é o volume de NaOH gasto na titulação (mL).

#### 4.2.3.4 Determinação do pH (NBR 10891)

Uma amostra de 100mL de álcool 70 °INPM foi adicionada em um béquer, que foi colocado em um banho termostático até atingir a temperatura de 20°C, controlada com o uso de um termômetro. Por meio de um eletrodo combinado de pH com corpo de vidro, o valor de pH foi medido, utilizando-se o sistema de referência Ag/AgCl/Cl.

### 4.3 ETAPA DO ADSORVENTE

#### 4.3.1 Caracterização do tabaco

##### 4.3.1.1 Teor de Umidade

Para a análise do teor de umidade (Eq.11), um cadinho de porcelana, previamente seco em estufa (Luca-80/480) por 30 minutos a uma temperatura de 130°C, foi pesado em uma balança analítica (Bel MG-214Ai) e 5 g de tabaco foram transferidas para o cadinho. O cadinho com a amostra foi então colocado na estufa por um período de 3 h na temperatura de 130 °C. Após esse tempo, o cadinho foi retirado da estufa e colocado em um dessecador até atingir a temperatura ambiente, para logo ser pesado. O cadinho com a amostra seca foi colocado na estufa por mais 30 minutos e então submetido a nova pesagem. O processo foi repetido até que a variação da massa fosse inferior a 0,01 g (NBR 12077).

$$TU(\%) = \frac{(M_1 - M_2) \cdot 100}{M_2} \text{ (Eq.11)}$$

na qual, TU é o teor de umidade (%); M1 é a massa de carvão antes da retirada de umidade na estufa (g) e M2 é massa de carvão depois de retirada a umidade (g).

#### 4.3.1.2 Teor de voláteis

A amostra previamente seca foi colocada em mufla (Jung LF00212), na temperatura de 750 °C durante 1 hora para carbonização. Posteriormente a massa carbonizada retida no cadinho foi pesada em balança analítica para determinar o teor de materiais voláteis do tabaco (Eq.12).

$$TV(\%) = \frac{(M_2 - M_3) * 100}{M_3} \text{ (Eq.12)}$$

na qual, TV é o teor de voláteis (%); M2 é massa de carvão depois de retirada a umidade (g) e M3 é a massa de carvão depois de retirada de compostos voláteis (g).

#### 4.3.1.3 Teor de cinzas

Para a determinação do teor de cinzas (Eq.13) foi utilizado o método AOAC 930.05 (1990). O experimento iniciou-se com a secagem prévia dos cadinhos de porcelana a 130°C por 2 h. Posteriormente os cadinhos foram resfriados em dessecador até alcançarem a temperatura ambiente. Uma amostra de 2g de tabaco foi transferida para o cadinho seco e foi então calcinada a 750°C por 5 h. Para finalizar, os cadinhos foram levados ao dessecador até atingirem a temperatura ambiente e posterior pesagem em balança analítica.

$$TC(\%) = 1 - TU(\%) - TV(\%) \text{ (Eq.13)}$$

na qual, TC é o teor de cinzas (%).

#### 4.3.2 Síntese do Carvão Ativado

Para a síntese do carvão ativado, foram utilizados 15g de tabaco. O material adsorvente foi sintetizado a partir de duas metodologias: ativação térmica seguida de ativação química e ativação química com posterior ativação térmica. Para a ativação química foi utilizado o ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) e o hidróxido de sódio

(NaOH). Na Tabela 2 são apresentadas as amostras de carvão ativado sintetizadas, comercial e o tabaco de cigarro in natura.

Tabela 2. Amostras dos adsorventes avaliados.

<b>Códigos</b>	<b>Amostras</b>
PA	Carvão Ativado Comercial
T1	Tabaco submetido à ativação térmica seguido de ativação química com ácido.
T2	Tabaco submetido à ativação química com ácido seguido de ativação térmica.
T3	Tabaco submetido à ativação térmica seguido de ativação química com base.
T4	Tabaco submetido à ativação química com base seguido de ativação térmica.
NAT	Tabaco de cigarro in natura.

Fonte: Autores (2022).

A ativação térmica foi realizada em mufla, na temperatura de 750°C por 1 h, seguido de resfriamento até a temperatura ambiente em um dessecador. Para a ativação química, foram avaliadas a ativação com ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) ou com o hidróxido de sódio (NaOH). Para a ativação em meio básico, 15 g do tabaco foi adicionado em 30 mL de uma solução aquosa de NaOH (6,25% m/v, Synth). A mistura foi mantida sob agitação por 30 minutos a temperatura ambiente (25°C) e posteriormente filtrada. O material foi então colocado em estufa por 24 horas a 110°C (NASCIMENTO, 2015).

Para a ativação química em meio ácido, foram misturados, sob agitação 15 g do adsorvente com uma solução de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (P.A. 85%, FMaia) a uma temperatura de 80°C, com a agitação mantida durante 30 minutos. A proporção utilizada foi de 0,9 g de ácido: 1,0 g de adsorvente. Após esse tempo, a solução foi filtrada e seca em estufa por 24 horas a 110°C (CAMBUIM, 2009).

#### 4.3.3 Caracterização do material adsorvente

A caracterização dos carvões ativados sintetizados foi realizada a partir dos seguintes ensaios: difração de raios X (DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e análise termogravimétrica (TG), utilizando para comparação uma amostra de tabaco de cigarro in natura e carvão comercial.

#### 4.3.3.1 Análise Termogravimétrica

A análise termogravimétrica (TGA) foi realizada no equipamento da marca Perkin Elmer, modelo STA 8000. Aproximadamente 20 mg de amostra foi colocada em um cadinho de alumina. O material foi submetido a atmosfera de gás nitrogênio com vazão 20 mL/min, em temperatura programada desde 25°C até 800°C, com uma taxa de aquecimento de 10°C/min.

#### 4.3.3.2 Difração de Raios X

Para o estudo de difração de raios X (DRX), amostras de cada adsorvente foram anteriormente peneiradas (100 mesh). Elas foram analisadas por um difratômetro da marca Anton Paar. As condições de análise foram definidas por uma radiação Cu, para  $K\alpha$  com valor de 1,541874 e  $K\beta$  de 1,39225. O filtro foi alimentado por uma voltagem de 40 kV e uma corrente elétrica de 20 mA, assim como o ângulo de rotação variou entre 5° e 110°, com uma variação de 0,0263°.

#### 4.3.3.3 Microscópio Eletrônico de Varredura

O Microscópio Eletrônico de Varredura (ZEISS EVO/MA10) foi empregado para analisar a morfologia dos adsorventes estudados. O equipamento foi operado em 20 kV, sendo as magnificações utilizadas para a obtenção das imagens de 10  $\mu\text{m}$ , totalizando 6 imagens em todo estudo.

#### 4.3.3.4 Equilíbrio de adsorção

Uma solução padrão de azul de metileno (AM) na concentração 100 mg/L (solução-mãe) foi utilizada para determinar o comprimento de onda máximo ( $\lambda_{\text{max}}$ ) em um espectrofotômetro UV-vis (Biospectro SP-220).

Para o estudo do equilíbrio de adsorção, foi feita uma diluição seriada da solução mãe, obtendo-se 6 soluções de diferentes concentrações (0, 10, 25, 50, 75 e 100 mg/L). As soluções foram preparadas a partir da solução-mãe. A Tabela 3 mostra as soluções preparadas, bem como os volumes de água e azul de metileno utilizados para cada uma das soluções. A solução de 0 mg/L é referente ao branco, ela foi objeto de estudo devido a possíveis desprendimentos de compostos provenientes do carvão que possam interferir na cor da amostra.

Para cada uma das soluções, incluindo o branco, foram retiradas alíquotas

de 100 mL e colocadas em diferentes erlenmeyers. Em cada vidraria se adicionou 0,2 g do material adsorvente.

Tabela 3. Ensaio de equilíbrio de adsorção com azul de metileno.

<b>Ensaio</b>	<b>Solução</b>	<b>Azul de metileno</b>	<b>Volume de água (mL)</b>
1	Branco	-	100
2	AM 10 mg/L	10mL da solução padrão	90
3	AM 25 mg/L	25mL da solução padrão	75
4	AM 50 mg/L	50mL da solução padrão	50
5	AM 75 mg/L	75mL da solução padrão	25
6	AM 100 mg/L	100mL da solução padrão	-

Fonte: Autores (2022).

Para cada uma das soluções foram medidas a absorvância e o pH (Tecnonon MPA-210). As soluções foram colocadas em shaker (ACBLabor) por 24 horas, em rotação de 100 rpm a 25 °C e em seguida foram centrifugadas (centrífuga SOLAB SL-701) durante 5 minutos a 4000 rpm. No sobrenadante foi mensurado novamente a absorvância e o pH de cada solução. Finalmente, os dados de equilíbrio de adsorção foram avaliados pelos modelos das isotermas de Langmuir (LANGMUIR,1916), Freundlich (FREUNDLICH, 1906) e Sips (SIPS, 1950).

#### 4.3.3.5 Cinética de adsorção

Para o estudo da cinética de adsorção, adicionou-se 0,4 g de carvão ativado em 200 mL de solução de azul de metileno com concentração de 100 mg/L. A mistura foi mantida sob agitação e após 5, 10, 15, 20, 30, 60 min e 24 horas de contato entre o material adsorvente e a solução, foram retiradas alíquotas de 5 mL da solução, procedendo a leitura da absorvância em espectrofotômetro UV-vis.

#### 4.3.4 Tratamento do Efluente

Os experimentos de adsorção foram realizados na temperatura ambiente.

Diferentes massas do adsorvente (0,4 g, 0,8 g e 1,2 g) foram adicionadas em 200 mL de resíduo da produção do álcool 70° INPM, e colocadas em shaker a 100 rpm. Em intervalos de tempo determinados de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 240, 300 min e 24 horas de contato com o material adsorvente, foram retiradas alíquotas de 5 mL de cada solução, procedendo a leitura da absorbância em espectrofotômetro UV-vis.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISE DO ÁLCOOL 70° INPM

O álcool etílico obtido na destilação das bebidas doadas pela Receita Federal alcançou teores de 90°GL (A1), 92°GL (A2) e 93°GL (A3) nas três bateladas realizadas. A partir dessas amostras do álcool etílico, o álcool 70° INPM foi então preparado, conforme descrito em 4.2.2. A Tabela 4 abaixo mostra os resultados do pH, acidez e teste microbiológico, para o álcool 70° INPM produzido a partir do álcool oriundo da destilação das bebidas. Destaca-se que a amostra A0 corresponde a amostra comercial, utilizada para comparação.

Tabela 4: Caracterização do álcool 70° INPM obtido da destilação das bebidas.

<b>Álcool 70°INPM</b>	<b>Acidez (mg/L)</b>	<b>pH</b>	<b>Microbiológico</b>
A0	4,80	6,82	Não Detectado
A1	4,60	6,75	Não Detectado
A2	4,20	6,30	Não Detectado
A3	5,40	5,35	Detectado

O teor alcoólico mais elevado (93°GL) foi alcançado com lote 3 (A3). Nesse caso, é fato que a composição da mistura destilada é variável, sendo então possível causa da contaminação do álcool etílico com componentes indesejáveis presentes nas bebidas.

Para as amostras de álcool 70° produzidos, os resultados obtidos indicam que a amostra A3 apresentou uma acidez acima do valor do álcool comercial (A0), além de possuir um pH inferior aos parâmetros estabelecidos pela ficha técnica (entre 6,0 e 8,0) (Anexo 1). Esse resultado pode ser atribuído à formação de ácidos orgânicos durante o processo de fermentação, e que não foram separados durante a destilação. Além disso, as amostras do álcool 70° foram preparadas a partir do álcool obtido da destilação das bebidas doadas e, em função da logística de descarte das bebidas, não é possível assegurar que todos os lotes avaliados apresentem a mesma composição, o que pode acarretar que, no processo de destilação, alguns componentes normalmente presentes em bebidas alcoólicas

como éteres, acetais e em ocasiões compostos sulfurados estejam presentes no etanol obtido.

Para a análise microbiológica do álcool foram analisadas um total de 16 amostras, e os resultados são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5: Análise microbiológica das amostras de álcool.

Álcool 70°INPM	Concentração 40 mL	Concentração 30 mL	Concentração 20 mL	Concentração 10 mL
A0	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
A1	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
A2	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
A3	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Detectado

Apenas a menor concentração do álcool não conseguiu inibir o crescimento bacteriano para a amostra A3. Este fato pode ser atribuído a diversos motivos, dentre eles o tempo de contato entre o álcool e a placa de vidro, pois amostras líquidas de álcool apresentam uma menor duração quando comparadas com outros inibidores como é o caso do álcool em gel, devido à elevada volatilidade do líquido.

Além disso, devido à menor concentração do álcool, o grau alcoólico decresceu, tendo como consequência uma diminuição na sua atividade antimicrobiana. Segundo Macário (2021), bactérias como o *Staphylococcus aureus* pertencem ao grupo Gram Positivas que são reconhecidas por terem uma parede celular com uma densa camada de peptidoglicano que dificulta a interação do álcool com a célula maligna.

## 5.2 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO TABACO

As análises do teor de umidade, de resíduos voláteis e cinzas foram realizadas em triplicata. A Tabela 6 a seguir apresenta os valores médios obtidos nos ensaios, bem como a variância e o desvio padrão das análises.

Tabela 6. Teor de umidade, resíduos voláteis e cinzas do tabaco.

Teor de Umidade (%)			Teor de Voláteis (%)			Teor de Cinzas (%)		
Média	Variância	Desvio padrão	Média	Variância	Desvio padrão	Média	Variância	Desvio padrão
8,62	0,11	0,33	80,56	3,87	1,97	10,82	2,91	1,71

De acordo com Silva *et al.* (2016), a umidade é considerada um fator importante na determinação da qualidade do tabaco para o consumo. Para a fabricação do cigarro, o teor de umidade ideal deve estar na faixa de 12 a 14%, para evitar a proliferação de microrganismos que conseqüentemente aceleram a degradação do mesmo, acarretando a produção de substâncias indesejáveis que alteram o sabor e odor do cigarro (RODGMAN; PERFETTI, 2013; WIGAND, 2006).

Para a amostra analisada, a umidade alcançou um valor médio de  $8,62 \pm 0,33\%$ . Além da baixa umidade, os resultados da análise imediata mostraram que a porcentagem média de produtos voláteis foi de  $80,56 \pm 1,97\%$ , permitindo a conclusão que o tabaco é composto na sua grande maioria por produtos voláteis. As medidas estatísticas complementam a informação, permitindo concluir que os resultados da análise imediata não foram muito dispersos.

O reduzido teor de cinzas observado para o tabaco, indica um baixo teor de material inorgânico. Segundo Macêdo (2012), grandes quantidades de matéria inorgânica afetam a qualidade do carvão ativado, pois elementos inorgânicos são resíduos da combustão que não produzem energia, dificultam e limitam a adsorção do carvão ativado, tornando este mais susceptível à adsorção de água devido ao seu caráter hidrofílico.

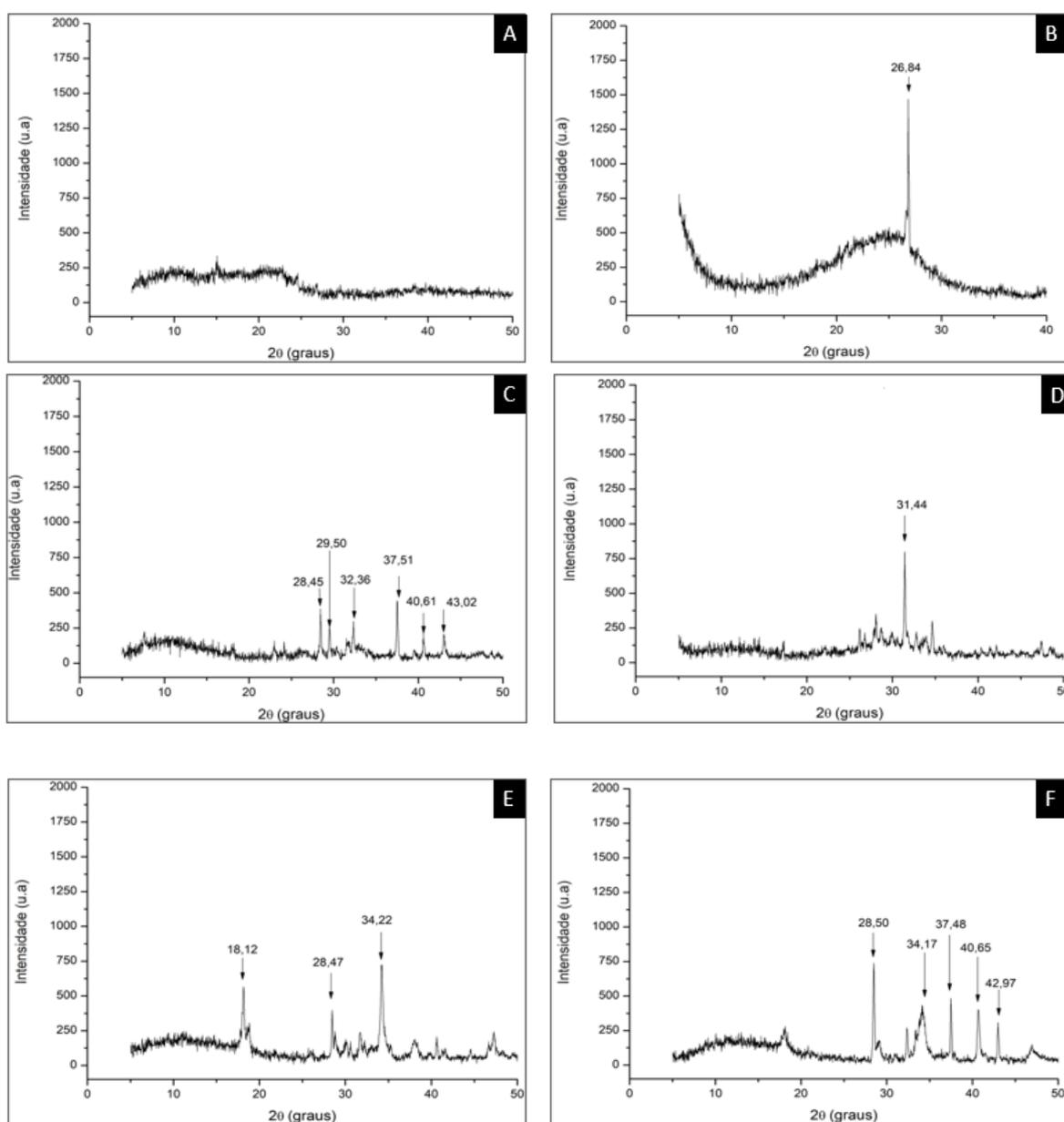
### 5.3 ANÁLISE DO CARVÃO ATIVADO

#### 5.3.1 Difractogramas de raios-X (DRX)

Os difratogramas de raios-X retratados na Figura 12, mostram as características das amostras estudadas de acordo com a cristalinidade dos componentes a raios-X monocromáticos e a angulação os quais a difração ocorre.

Os picos foram especificados nos valores de  $2\theta$  na faixa entre  $5^\circ$  e  $110^\circ$ , selecionando a fração contendo a parte cristalina dos adsorventes, sendo notado que a partir de  $50^\circ$  as amostras predominavam com um halo de amorfismo, evidenciando que boa parte da amostra está na forma amorfa (SCHETTINO JR, 2007).

Figura 12: Análise de Difração de Raio X (a) tabaco in natura; (b) Carvão ativado comercial; (c) Carvão ativado sintetizado T1; (d) Carvão ativado sintetizado T2; (e) Carvão ativado sintetizado T3; (f) Carvão ativado sintetizado T4.



Ademais, é observado que o tabaco in natura (Figura 12a) tem toda sua composição na forma amorfa e não apresenta fases cristalinas em comparação com os demais adsorventes sintetizados. O carvão ativado comercial (Figura 12b) apresenta um pico acentuado em  $2\theta = 26,84^\circ$ , característico do mineral quartzo (sílica cristalina) originado por biomassas orgânica carbonácea, como o tabaco de cigarro (SOUZA, 2008).

A análise dos gráficos correspondentes aos adsorventes sintetizados (Figura 12c – f) evidenciam a estrutura cristalina dos adsorventes. As fases cristalinas são produto do processo de ativação do carvão, o qual pode provocar o bloqueio dos poros, afetando a adsorção do material; a presença de picos na faixa de  $15^\circ$  a  $30^\circ$  está relacionado com vestígios de alotrópicos do carbono, como exemplo o carbono grafítico, formados durante a ativação térmica.

Ao comparar os gráficos de difração entre carvão ativado com ativação química ácida e básica (Figuras 12c-d e 12e-f, respectivamente), nota-se uma diminuição no aparecimento de picos cristalinos no carvão tratado com o ácido fosfórico. Segundo Silva (2019) este fenômeno pode ser explicado por diversos fatores, como a diminuição das forças de ligação entre os átomos de hidrogênio em regiões ordenadas, acarretando na sua transformação em regiões desordenadas.

A reação do ácido com a celulose presente no tabaco também pode ter causado a perda da cristalinidade, já que o  $H_3PO_4$  se propaga através das camadas externas e internas, propiciando a quebra da estrutura cristalina da celulose por meio da ação dos grupos fosfatos, visto que a parede celular da planta de tabaco apresenta 40-80% de polissacarídeos na celulose (BIDLACK, 1992).

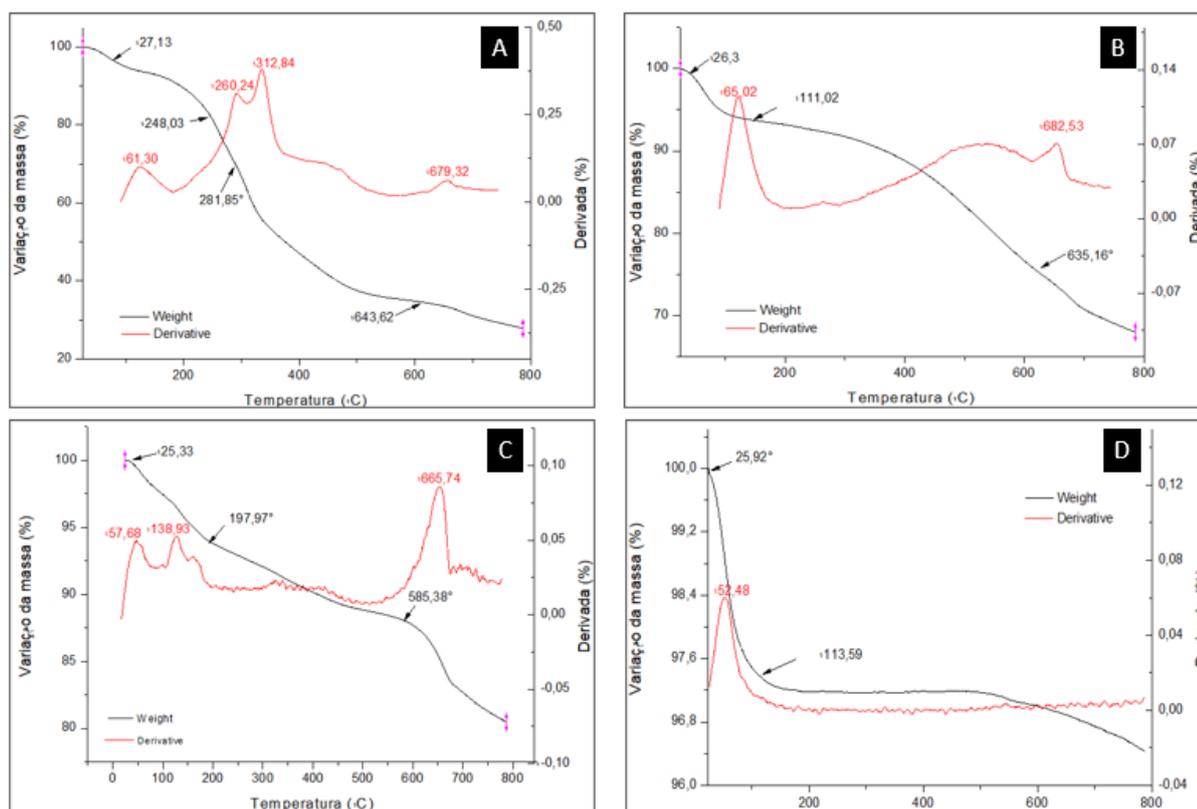
Ao comparar as difrações entre os carvões T1 e T2 (Figuras 12c e 12d), é possível identificar o efeito da ordem da ativação química com o ácido e térmica. A amostra T2 apresentou menor cristalinidade, resultado esse atribuído ao tratamento com ácido antes do tratamento térmico, pois concentrações crescentes de  $H_3PO_4$  resultam na diminuição subsequente do grau de cristalinidade da celulose devido o favorecimento da taxa de hidrólise, proporcionando a desobstrução dos poros.

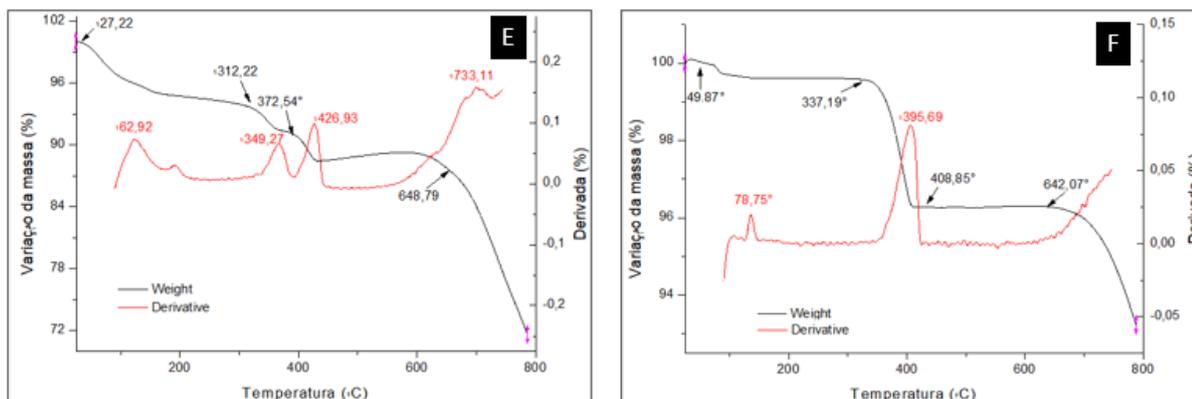
Além disso, de acordo com Schettino Jr (2007), é observado que a ativação química com NaOH (amostras T3 e T4) gera diversos compostos ( $Na_2CO_3$ ;  $Na_2SiO_3 \cdot 6H_2O$  e  $Na_2SiO_3$ ), que resultam em algumas reflexões de fase cristalina em virtude de impurezas adquiridas na ativação química e térmica a que são submetidos o adsorvente.

### 5.3.2 Análise Termogravimétrica (TG)

A partir das curvas de TG (Figura 13), é possível observar que os carvões sintetizados T1 (Figura 13c) e T3 (Figura 13e) apresentaram pontos de perda de massas definidos, os quais decorrem de forma contínua e proporcional ao aumento da temperatura. Ao contrário, as amostras T2 (Figura 13d), in natura (Figura 13a) e T4 (Figura 13f) apresentam pontos de perda de massa mais acentuados e pouco definidos.

Figura 13: Análise Termogravimétrica (a) tabaco in natura; (b) Carvão ativado comercial; (c) Carvão ativado sintetizado T1; (d) Carvão ativado sintetizado T2; (e) Carvão ativado sintetizado T3; (f) Carvão ativado sintetizado T4.





Segundo Dutra (2021), pequena variação na perda de massa, como os carvões T1 e T3, se deve à pouca ou nula presença de compostos contaminantes ou compostos específicos que se degradem a certa temperatura. Sendo assim, as amostras T2 e T4, bem como o tabaco in natura, apresentaram resultados típicos de amostras com presença de contaminantes ou espécies químicas com degradação específica em determinada temperatura.

A maior perda de massa está associada ao tabaco in natura, cuja redução alcançou 70%. A amostra comercial e os adsorventes sintetizados T1 e T3 sofreram redução mássica de 30%, 20% e 28% respectivamente. Em contrapartida, os carvões T2 e T4 apenas sofreram alteração na sua composição durante o tratamento térmico, chegando aos valores de 4% e 7% na devida ordem.

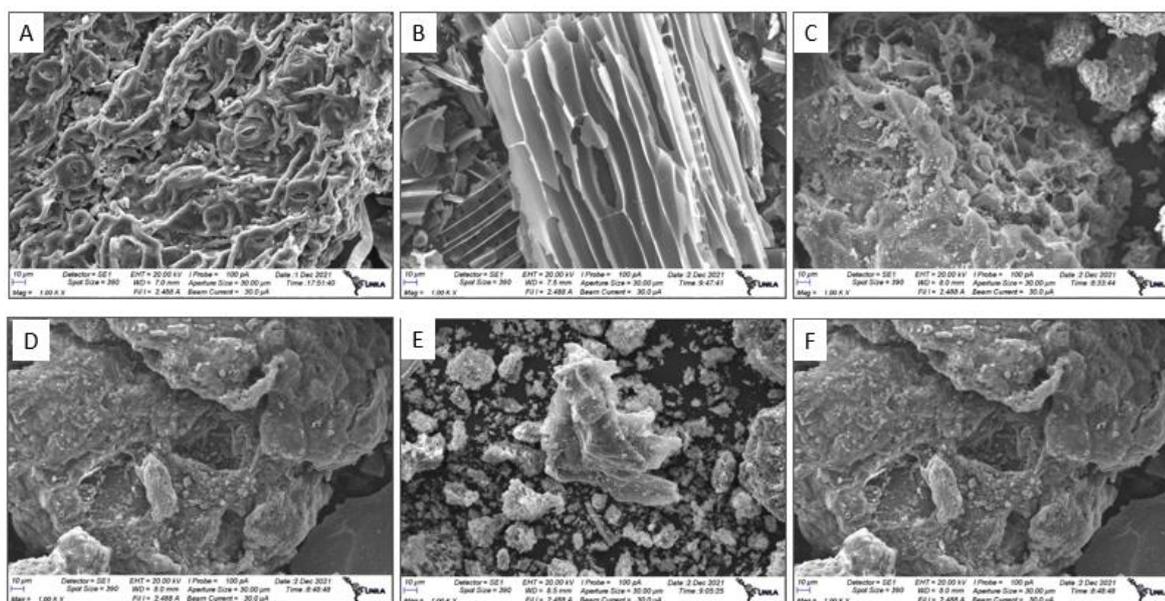
Para todos os carvões analisados, o primeiro pico de redução de massa, em temperatura de até 100°C, deve-se à volatilização da água e produtos voláteis como CO<sub>2</sub> (PEREIRA, 2008). Para o carvão T2, uma vez que os compostos voláteis tenham desaparecidos, a concentração mássica fica praticamente estável, indicando resistência à degradação a temperaturas elevadas (IMPOSSETO, 2019).

A degradação de compostos na faixa de 250 e 400°C está vinculada à dissipação de compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis, tendo uma margem de variação para cada carvão devido à diferença de temperatura de ativação entre cada um deles. A perda de massa a partir dos 450°C está relacionada à oxidação da matriz carbonácea, pois a estas temperaturas a oxidação é favorecida, assim como também pode ser atribuída à degradação de compostos orgânicos fixos, podendo ser estes provenientes do material precursor. A partir de temperaturas acima de 600°C, a queda está ligada à degradação do carbono estrutural (ONOREVOLI, 2016).

### 5.3.3 Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

Com base nas imagens obtidas pelo MEV foi possível analisar a morfologia dos carvões sintetizados antes e depois do processo de ativação química e física na biomassa carbonácea in natura, a fim de identificar a morfologia porosa dos carvões ativados. Na Figura 14, note-se que material in natura (Figura 14a) não possui estrutura porosa, evidenciando apenas filamentos de forma desorganizada.

Figura 14: Microscópio eletrônico de varredura (a) tabaco in natura; (b) Carvão ativado comercial; (c) Carvão ativado sintetizado T1; (d) Carvão ativado sintetizado T2; (e) Carvão ativado sintetizado T3; (f) Carvão ativado sintetizado T4.



Após as etapas de ativação (Figura 14c – f), os carvões apresentam uma estrutura porosa em forma de crateras, que representam uma mudança relevante na área superficial do carvão sintetizado graças à formação de microporos, macroporos e mesoporos, como resultado do processo de ativação a qual o tabaco foi submetido (PEZOTI, 2013). Além disso, para o carvão industrial (Figura 14b) nota-se que tem uma estrutura laminar, em forma de cristal (muito parecida com as estruturas dos carvões sintetizados) e com presença de macroporos e microporos.

### 5.3.4 Equilíbrio de Adsorção

As isotermas de adsorção representam a relação de equilíbrio existente entre o soluto na solução e o adsorbato retido no adsorvente, em uma determinada temperatura. Desta maneira, apontou-se as isotermas de adsorção do corante azul de metileno na Figura 15 e os parâmetros físico-químicos de adsorção obtidos a partir dos ajustes aos modelos de isotermas de Langmuir, Freundlich e Sips retratados na Tabela 7.

Figura 15: Curvas de Isotermas de Adsorção (a) tabaco in natura; (b) Carvão ativado comercial; (c) Carvão ativado sintetizado T1; (d) Carvão ativado sintetizado T2; (e) Carvão ativado sintetizado T3; (f) Carvão ativado sintetizado T4.

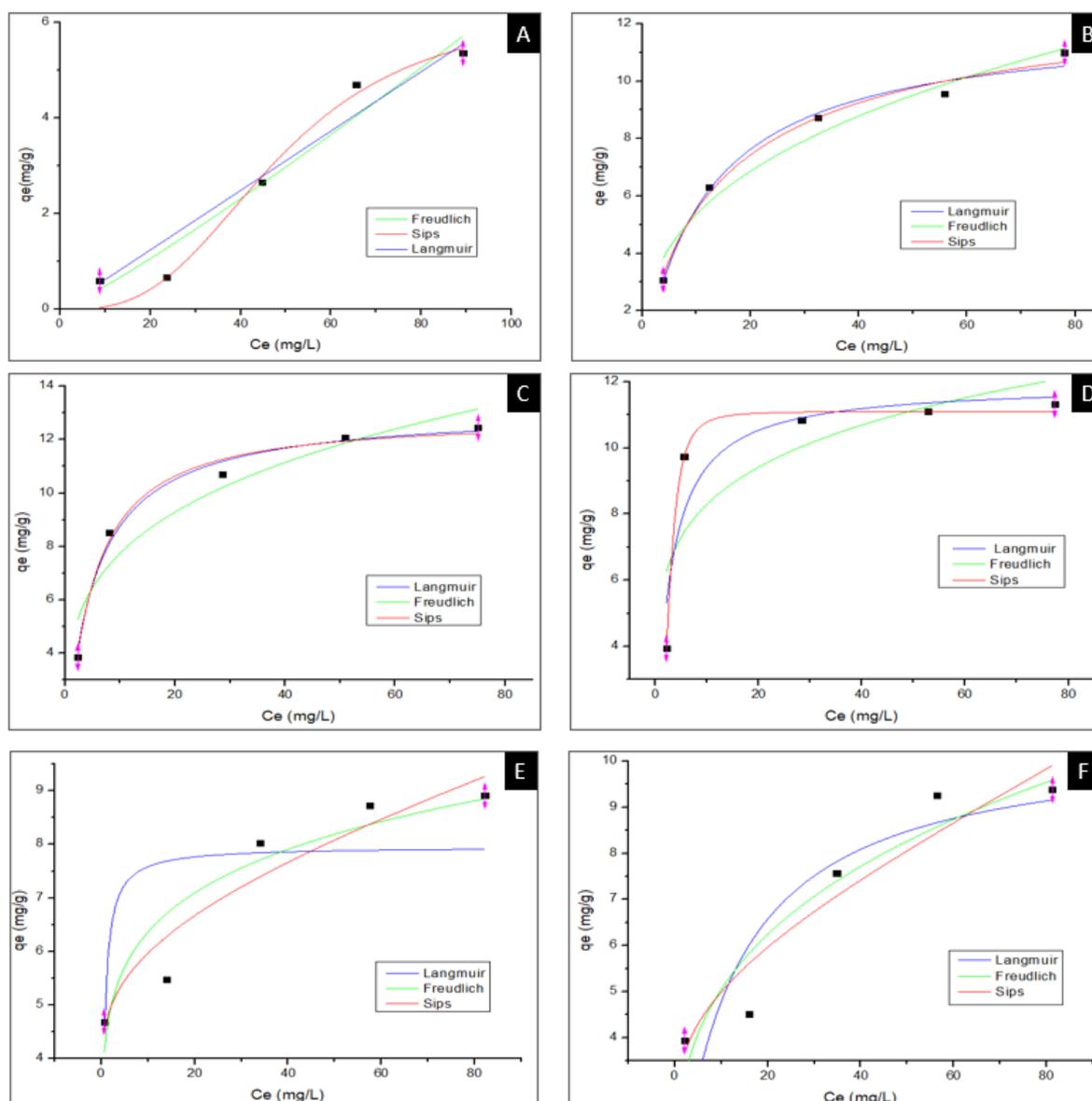


Tabela 7: Parâmetros obtidos para adsorção de azul de metileno.

Modelo da isoterma	Parâmetros	Amostras					
		NAT	PA	T1	T2	T3	T4
Langmuir	$q_{\max}$ ( $\text{m g g}^{-1}$ )	53972,713	12,100	13,136	11,934	7,955	10,504
	$k_L$ ( $\text{L mg}^{-1}$ )	1,15E-06	0,085	0,200	0,377	2,036	0,084
	$R^2$	0,927	0,984	0,986	0,835	0,416	0,586
	$R_L$	1,000	0,105	0,048	0,026	0,005	0,107
Freundlich	$k_F$ ( $\text{mg g}^{-1}$ )	0,036	2,369	4,235	5,452	4,436	0,855
	$n_F$	0,889	2,815	3,814	5,476	6,382	3,266
	$R^2$	0,934	0,956	0,886	0,593	0,819	0,855
Sips	$q_{\max}$ ( $\text{m g g}^{-1}$ )	6,350	13,426	12,828	11,103	3,093	0,212
	$k_s$	0,000	0,102	0,183	0,073	-2,956	-1,070
	$\gamma$	2,982	0,834	1,094	2,670	-0,154	-0,010
	$R^2$	0,961	0,981	0,980	0,995	0,825	0,817

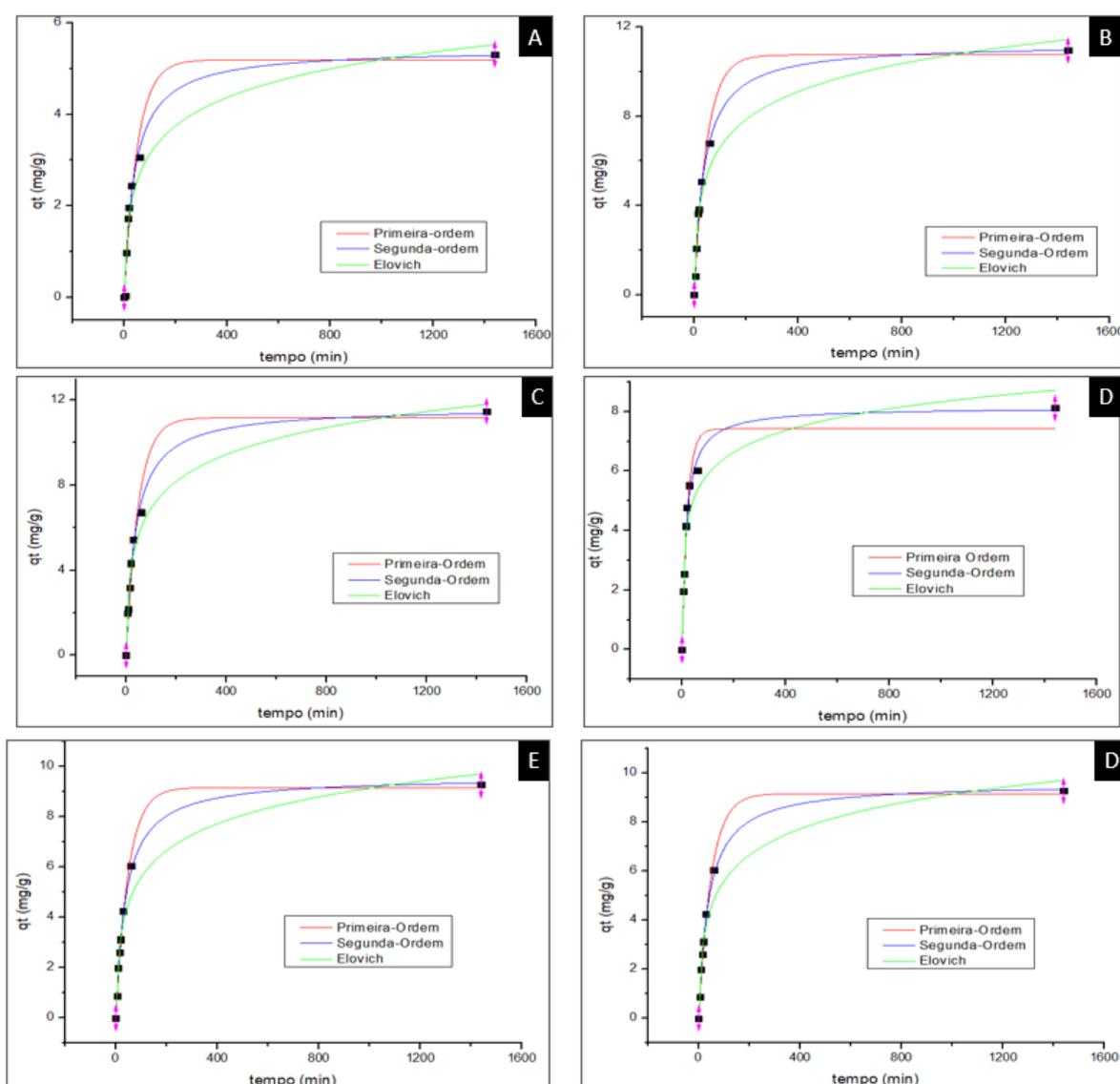
De acordo Ciola (1981) e Nascimento et al. (2014), todos os adsorventes sintetizados e o comercial apresentam dados favoráveis de fator de separação ( $0 < R_L < 1$ ) e intensidade de adsorção ( $1 < n_F < 10$ ), com os parâmetros dentro da literatura demonstrando a ocorrência de formação de mais de uma camada de adsorvato no adsorvente (PAPAGEORGIO et al., 2006), enquanto o tabaco in natura não se caracteriza como eficiente (VARGAS et al., 2011). Os resultados obtidos mostram que o melhor ajuste aos dados experimentais foi dado pelo modelo de Sips por apresentar o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,995 no adsorvente sintetizado T2, sendo sua capacidade máxima de adsorção de 11,103  $\text{mg}_{\text{corante}} / \text{g}_{\text{carvão}}$ .

De acordo com o parâmetro  $n_f$ , apresentado na equação da Isoterma de Freundlich, sendo utilizada para sistemas heterogêneos com interação entre as moléculas adsorvidas, é observado que o adsorvente em in natura apresenta um valor de  $n_f < 1$  (0,889), demonstrando que existe interação fraca entre adsorvente e adsorvato, ocasionando baixas quantidades adsorvidas e apontando um processo de quimissorção (VARGAS et al., 2011).

### 5.3.5 Cinética de Adsorção

A partir dos dados obtidos experimentalmente e com ajuda do software OriginPro, foi possível plotar graficamente os resultados, que são apresentados na Figura 16 a seguir:

Figura 16: Curvas de Cinética de Adsorção (a) tabaco in natura; (b) Carvão ativado comercial; (c) Carvão ativado sintetizado T1; (d) Carvão ativado sintetizado T2; (e) Carvão ativado sintetizado T3; (f) Carvão ativado sintetizado T4.



Os modelos cinéticos permitiram avaliar os parâmetros de ajuste estatístico, os quais estão representados na Tabela 8:

Tabela 8: Dados referentes à cinética de adsorção.

Modelo Cinético	Parâmetros	Amostras					
		NAT	PA	T1	T2	T3	T4
<b>Pseudo-1º-Ordem</b>	qe (mg g <sup>-1</sup> )	5.193	10.746	11.174	9.160	7.419	7.265
	k1 (min <sup>-1</sup> )	0.019	0.020	0.020	0.020	0.048	0.027
	R <sup>2</sup>	0.959	0.980	0.964	0.994	0.954	0.956
<b>Pseudo-2º-Ordem</b>	qe (mg g <sup>-1</sup> )	5.439	11.253	11.667	9.591	8.142	7.746
	k2 (min <sup>-1</sup> )	0.005	0.002	0.002	0.003	0.008	0.004
	R <sup>2</sup>	0.975	0.993	0.989	0.998	0.983	0.949
<b>Elovich</b>	a	0.279	0.664	0.757	0.556	2.796	0.641
	b	1.103	0.548	0.541	0.644	0.946	0.828
	R <sup>2</sup>	0.940	0.954	0.973	0.952	0.909	0.859

Observa-se que os maiores valores do coeficiente de correlação (R<sup>2</sup>) foram obtidos para o modelo de pseudo-segunda-ordem em todos os casos, com exceção do carvão ativado T4, onde o modelo que mais se adequa é o de pseudo-primeira-ordem. Segundo Cionek (2015), quando a cinética de adsorção é representada pelo modelo de pseudo-segunda-ordem, o mecanismo predominante é a adsorção química. Isto deve-se à menor concorrência de espaços adsorptivos na superfície do adsorvente para concentrações baixas. Para altas concentrações, a concorrência irá aumentar e, por consequente, menores quantidades de adsorção serão obtidas. Nota-se que a partir dos dados apresentados na figura 16 a taxa de adsorção aumenta rapidamente nos primeiros 60 minutos, a partir deste momento a taxa aumenta progressivamente, mas de maneira mais lenta. Os valores de taxa de adsorção no estado de equilíbrio encontrados experimentalmente assemelham-se bastante aos dados encontrados por meio do modelo de pseudo-segunda-ordem.

#### 5.4 TRATAMENTO DO RESÍDUO DA DESTILAÇÃO

O tratamento do efluente do processo de destilação das bebidas alcoólicas com o carvão ativado sintetizado a partir do tabaco do cigarro se mostrou promissor.

É possível observar, a partir da imagem na figura 17, uma leve redução da coloração do resíduo para todas as amostras de carvão analisadas.

Figura 17: Resíduo da bebida antes (A) e após (B) o tratamento com adsorvente.



É importante destacar que, como o resíduo do processo de destilação não foi completamente caracterizado, o desconhecimento dos componentes específicos da substância, assim como do comprimento de onda onde tem-se a máxima capacidade de adsorção, foram incidentes que impediram tornar eficiente o objetivo do presente trabalho. Assim, o presente estudo recomenda a futuros trabalhos a investigação detalhada dos componentes do adsorvato pois, através deste conhecimento, serão indagadas melhores tratativas de adsorção.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foi estudada a possibilidade da produção de álcool hospitalar através da destilação de bebidas alcoólicas apreendidas pela Receita Federal, assim como o tratamento dos resíduos da destilação com tabaco confiscado na forma in natura e como carvão ativado.

A conclusão do estudo permite afirmar que o carvão ativado pode ser produzido a partir do tabaco, que é o principal componente do cigarro e que é produzido em grandes quantidades no complexo agroindustrial. A alta estrutura porosa do carvão ativado o faz um adsorvente muito eficaz e um dos mais utilizados para o tratamento de resíduos. O álcool em si, destaca-se pela inibição de microrganismos e durante a recente pandemia do COVID-19 foi peça chave na prevenção da propagação da doença.

O álcool produzido apresentou bons resultados quando comparados ao álcool comercial utilizado como referência, sendo a amostra A3 a de menor eficácia antimicrobiana, devido alto valor de acidez e, como eram desconhecidas as substâncias do lote de bebida, componentes indesejáveis podem ter alterado os resultados desejados.

Os carvões ativados sintetizados apresentaram alta eficácia no tratamento com azul de metileno, sendo o T2 o de maior remoção conforme demonstrado nas análises de DRX, TG e MEV, onde a presença de macroporos permitiu a adsorção de maior quantidade de moléculas. Segundo teste de equilíbrio de adsorção, a isoterma que mais se adequou aos dados experimentais foi porá isoterma de Sips, sendo carvão T2 o mais representativo, ao ter um coeficiente de determinação de 0,995. O teste de cinética de adsorção indicou que para todos os carvões ativados (com exceção de T4) o modelo que mais representa as amostras é o de pseudo-segunda-ordem, o que faz indicar que o mecanismo predominante é a adsorção química.

O carvão ativado conseguiu remover a coloração do efluente da destilação em baixas quantidades. Assim, recomenda-se para futuros trabalhos o estudo minucioso dos componentes da bebida para assim poder ter uma melhor tratativa para os resíduos.

## REFERÊNCIAS

A. Anacleto Jung, M. Regina Lopes Tocchetto, and J. Almeida Gonçalves. **Papa-Bitucas: coletor para o descarte correto de bitucas de cigarro papa-bitucas: collector for correct disposal of cigarette butts**, 2014.

ALVARES, Lília. **A rede transfronteiriça do contrabando de cigarros: entre salto del guairá-paraguai e guaira-brasil de 1970 a 2016**, 2016.

ALVES, Allani Christine Monteiro et al. **Avaliação do tratamento de efluentes líquidos contendo cobre e chumbo por adsorção em carvão ativado**, 2007.

BASTOS, Valéria Delgado. **Etanol, alcoolquímica e biorrefinarias**, 2019.

BIDLACK, Jim. **Molecular structure and component integration of secondary cell walls in plants**. Proceedings of the Oklahoma Academy of Science, 1992.

BINDLER, F., VOGES, E., LAUGEL, P. **The problem of methanol concentration admissible in distilled fruit spirits**. Food Add. Contam., London, v. 5, n. 3, p. 343-351, 1988.

BORGES, Rívea Medri et al. **Uso de filtros de carvão ativado granular associado a microrganismos para remoção de fármacos no tratamento de água de abastecimento**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 21, p. 709-720, 2016.

BUENO, Fernando Brisola de Almeida. **Tratamento de água para abastecimento contendo cianobactérias e microcistina em sistemas constituído por etapas de pré-cloração, coagulação/floculação, flotação e adsorção em carvão ativado**. 2017.

CAMBUIM, KARINA BELTRÃO. **Carvão de endocarpo de coco da baía ativado quimicamente com H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> e fisicamente com vapor d'água: produção, caracterização e aplicações**, 2009.

CARPINTIERI, Ciro Luís Teixeira. **Uma aplicação de redes neurais na instrumentação virtual do grau alcoólico no processo industrial de produção do etanol**, 2017.

CLAUDINO, A; **Preparação de Carvão Ativado a Partir de Turfa e Sua Utilização na Remoção de Poluentes**, 2003.

DE ARAÚJO, Amanda Viana; RUVEN-MARTINS, Ana Carolina; DA SILVA, Caroline Machado. **Produção de álcool glicerinado como ferramenta no combate à COVID-19, uma ação de extensão da UNILA**. Extensão em Foco, v.23, p. 380-400, 2021.

DOS REIS, Glaydson Simões; LIMA, Eder Claudio; SAMPAIO, Carlos Hoffman. **Produção de carvão ativado a partir de lodo de esgoto doméstico e sua aplicação na adsorção do corante preto remazol 5 em solução aquosa. e-xacta**, v. 8, n. 2, pág. 15-23 de 2015.

DUTRA, Danrley Kristyam Rosa. **Obtenção de carvão ativado a partir do resíduo de casca do eucalipto branco**. 2021.

Ferreira AM, Andrade D, Rigotti MA, Ferreira MVF. **Condition of cleanliness of surfaces close to patients in an intensive care unit**. 2011.

Figueiredo, Sérgio. **Brasil lidera a lista de países na redução de números de fumantes**. 2021. Disponível em: < <https://veja.abril.com.br/saude/brasil-lidera-a-lista-de-paises-com-reducao-de-numero-de-fumantes/>>. Acesso em: 10 de agosto de 2021).

G1. **Corrupção facilita ação de criminosos nas fronteiras brasileiras**. Jornal Nacional. 31 maio 2011. Disponível em: Acesso em 25 fevereiro de 2022.

Girou E, Chai SHT, Oppein F, Legrand P, Ducellier D, Cizeau F, Brun-Buisson C. **Misuse of gloves: the foundation for poor compliance with hand hygiene and potential for microbial transmission?**, 2004.

GONÇALVES et al. **Produção de carvão ativado a partir do bagaço e melaço de cana-de-açúcar**. Acta Science Technology: Maringá, 2006.

GOSSELIN, R.E., HODGE, H.C., SMITH, R.P., GLEASON, M. N. **Clinical Toxicology of Commercial Products**, The Williams & Wilkins Co., Baltimore,p. 229-23, 1976

**Guia para o profissional do SNVS - Controle de produtos derivados do tabaco.** Ministério da saúde, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/tabaco/guia-para-o-profissional-do-snvs-controle-de-produtos-derivados-do-tabaco.pdf/view>>. Acesso em: 13 de Setembro de 2021.

HO, Y. S., MCKAY, G. **Pseudo-second order model for sorption processes.** Process Biochemistry, v. 34, p. 451-465, 1999.

IDESF - Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social de Fronteiras). **Rotas do crime: as encruzilhadas do contrabando.** Disponível em: Acesso em: 10 ago. 2021.

IDESF - Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social de Fronteiras). **O Custo do Contrabando.** 2015. Disponível em: <http://www.idesf.org.br>, acessado em 10 ago. 2021.

IMPOSSETTO, Deiviti Filipe. **Produção de carvão ativado utilizando semente de tamarindo.** 2019.

KAMINSKI, Kacper Piotr et al. **in Tobacco.** The Tobacco Plant Genome, p. 249, 2020.

KISTER, H. Z. **Distillation Operation.** New-York: McGraw-Hill, 1990.

KURODA, Emília Kiyomi et al. I-072–**CARACTERIZAÇÃO E ESCOLHA DO TIPO DE CARVÃO ATIVADO A SER EMPREGADO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS CONTENDO MICROCISTINAS,** 2005.

LAGERGREN, Stan. Zur theorie der sogenannten adsorption geloster stoffe. **Kungliga svenska vetenskapsakademiens.** Handlingar, v. 24, p. 1-39, 1898.

LIMA, Luciana Leite de Andrade; MELO FILHO, Artur Bibiano de. **Tecnologia de bebidas,** 2016.

MACÁRIO, Liatta et al. **Determinação do teor alcoólico e da eficácia antimicrobiana de diferentes marcas de álcool 70% INPM,** 2021.

MACÊDO, Lúcia Paula Martins Prado de et al. **Viabilidade da produção de**

**carvão ativado a partir de resíduos alternativos**, 2012.

MANFRIN, Jessica et al. **Desenvolvimento de carvão ativado a partir de tabaco visando remediação de águas contaminadas por metais tóxicos**, 2019.

Margarido, M. A., Nicola, M. L., & Shikida, P. F. A. (2017). **Uma alternativa de combate ao contrabando de cigarro a partir da estimativa da curva de Laffer e da discussão sobre a política de preço mínimo**. In XV Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos.

MORAES, V. de; LOCATELLI, Claudriana. **Vinho: uma revisão sobre a composição química e benefícios à saúde**. Evidência, v. 10, n. 1-2, p. 57-68, 2010.

MOSHE, D. S.; GREENWALD, A. **Device and method for determining the moisture content of tobacco**. U.S. 6107809 A, 22 ago. 2000. Malcam Ltd., 2000.

MUAKAD, Irene Batista. **Tabagismo: maior causa evitável de morte do mundo**. Revista da Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, v. 109, p. 527-558, 2014.

NAGATO, Leticia Araujo Farah et al. **Monitoramento da autenticidade de amostras de bebidas alcoólicas enviadas ao Instituto Adolfo Lutz em São Paulo**. Food Science and Technology, v. 21, p. 39-42, 2001.

NASCIMENTO, Igor José do; STELA, Éder Rogério. **PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DA MOINHA DE CARVÃO VEGETAL**, 2015.

OLIVEIRA, Giulyane Felix de et al. **Produção de carvão ativado a partir do pecíolo do babaçu**, 2016.

ONOREVOLI, Bruna. **Aproveitamento da torta residual obtida como subproduto da extração de óleo das sementes de tabaco energético através da pirólise: caracterização do bio-óleo e biochar**, 2016.

OSAWA, Cibele Cristina; GONCALVES, Lireny Ap. Guaraldo; RAGAZZI,

Sidnei. **Titulação potenciométrica aplicada na determinação de ácidos graxos livres de óleos e gorduras comestíveis.** Quím. Nova, São Paulo, v. 29, n. 3, 2006.

PACHECO, Thályta Fraga. **Produção de etanol: primeira ou segunda geração?.** Embrapa Agroenergia-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2011.

PAPAGEORGIO, K., et al. **Heavy metal sorption by calcium alginate beads from Laminaria digitata.** Journal of Hazardous Materials, Amsterdam, v.137, n.3, p. 1775-1772, 2006.

PAUMGARTTEN, Francisco José Roma; GOMES-CARNEIRO, Maria Regina; OLIVEIRA, Ana Cecilia Amado Xavier de. **O impacto dos aditivos do tabaco na toxicidade da fumaça do cigarro: uma avaliação crítica dos estudos patrocinados pela indústria do fumo.** Cadernos de saúde pública, v. 33, 2017.

PEREIRA, Elaine et al. **Preparação de carvão ativado em baixas temperaturas de carbonização a partir de rejeitos de café: utilização de FeCl<sub>3</sub> como agente ativante.** Química Nova, v. 31, p. 1296-1300, 2008.

Perfetti, T. A., & Rodgman, A. **The complexity of tobacco and tobacco smoke.** Beiträge zur Tabakforschung International/Contributions to Tobacco Research, 24, 215-232, 2011.

PEZOTI JUNIOR, Osvaldo. **Preparação de carvão ativado com ZnCL<sub>2</sub> assistido por micro-ondas a partir do endocarpo de noz de macadâmia (Macadâmia integrifolia): otimização das condições de preparo usando a metodologia de superfície de resposta (MSR) e sua aplicação na adsorção de corante,** 2013.

**Receita Federal em Foz começa a destruir R\$ 2,5 milhões em bebidas de contrabando.** H2FOZ, 2020. Disponível em: <<https://www.h2foz.com.br/geral/receita-federal-em-foz-comeca-a-destruir-r-25-milhoes-em-bebidas-de-contrabando/>>. Acesso em: 10 de Agosto de 2021).

Rutala WA, Weber DJ, HICPAC. **Guideline for disinfection and sterilization**

**in healthcare facilities**, 2008. [acesso 18 ago 2021]; Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, CDC; 2008. Disponível em: [http://www.cdc.gov/ncidod/dhqp/pdf/guidelines/disinfection\\_nov\\_2008.pdf](http://www.cdc.gov/ncidod/dhqp/pdf/guidelines/disinfection_nov_2008.pdf).

Santos AAM, Verotti MP, Sanmartin JA, et al. **Importância do Álcool no Controle de Infecções em Serviços de Saúde**. Rev Adm Saude [Internet] 2002 [acesso 18 ago 2021]; 4 (16): 1- 12. Disponível em: [http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/controle\\_alcool.pdf](http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/controle_alcool.pdf).

SANTOS, THIAGO O. et al. **Avaliação da concentração de elementos traço na Nicotiana tabacum L., variedade Virgínia**.

SCHETTINO JR, Miguel A. et al. **Preparação e caracterização de carvão ativado quimicamente a partir da casca de arroz**. Química nova, v. 30, n. 7, p. 1663-1668, 2007.

SILVA, C. P.; DE ALMEIDA, T. E.; ZITTEI, R.; DOMINGUES, C. E.; STREMEL, T. R.; BARBOLA, I. F.; CAMPOS, S. X. **Determination of smuggled cigarette characteristics in Brazil and their potential risk to the human health**. Orbital-The Electronic Journal of Chemistry, Campo Grande, v. 8, n. 3, p. 127-137, 2016.

SILVA, Elenara Oliveira da. **Carvão ativado obtido a partir da palha de azevém (Lolium multiflorum Lam.) para a adsorção do corante azul de metileno**. 2019.

SOUSA, Micaelli Ciane Sobrinho de. **Adsorção de azul de metileno utilizando carvão ativado produzido a partir do endocarpo do coco babaçu**. 2018.

SOUZA, Natallia Britto Azevedo et al. **Produção de carvão ativado a partir do resíduo da casca da acácia negra (Acacia mearnsii de Wild) para o branqueamento do óleo de arroz**, 2008.

TAPPI, T. 257 cm-12 **Sampling and preparing wood for analysis**, 2012.

TEIXEIRA, Luciano José et al. **Tecnologia, composição e processamento de licores**. Enciclopédia biosfera, v. 7, n. 12, 2011.

VARGAS, A.M.M.;CAZETTA, A.L.; KUNITA, H.M.; SILVA, T.L.; ALMEIDA, V.C.; **Adsorption of methylene blue on activated carbon produced from flamboyant pods (Delonix regia): Study of adsorption isotherms and kinetic models**,Chemical Engineering Journal ,V.168 ,p.722–730, 2011.

WESTPHALEN, Ana Paula Campos; CORÇÃO, Gertrudes; BENETTI, Antônio Domingues. **Utilização de carvão ativado biológico para o tratamento de água para consumo humano**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, p. 425-436, 2016.

WHO - World Health Organization. **Water, sanitation, hygiene, and waste management for SARSCoV-2, the virus that causes COVID-19**. Última atualização: jul. 2020b. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-IPC-WASH-2020.4>. Acesso em: 10 ago. 2021.

WILLIAMS, P.; REED, A. **Development of activated carbon pore structure via physical and chemical activation of biomass fibre waste**. Biomass and Bioenergy, v. 30, n. 2, p. 144–152, 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Protocol to eliminate illicit trade in tobacco products**. Geneva, 2013. Disponível em: Acesso em: 13 Setembro 2021.

ZANATA, Diogo Rafael Prado. **Desenvolvimento de sensor virtual empregando redes neurais para medição da composição em uma coluna de destilação**, 2005.

## ANEXOS

## Anexo 1: Ficha Técnica Álcool Etílico Hidratado.

<b>FICHA TÉCNICA 004</b> ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO 10/2019	<b>RAUTER</b> QUÍMICA
<hr/>	
<b>IDENTIFICAÇÃO:</b> Nº CAS: 64-17-5	
<b>SINÔNIMOS:</b> Álcool Etílico, Álcool Hidratado, AEHC.	
<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS:</b> O ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO é um líquido límpido e incolor, de odor característico. Solúvel em água, éter etílico, clorofórmio, alcoóis e cetonas.	
<b>PRINCIPAIS APLICAÇÕES:</b> O ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO é indicado para uso doméstico, formulação de produtos de limpeza e fabricação de éter.	
<b>PROPRIEDADES FÍSICAS:</b> Pureza: 92,5 a 93,8% pH: 6,0 – 8,0. Ponto de fusão/ponto de congelamento: - 118 °C. Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição: 77 °C a 101,325 kPa (760 mmHg). Ponto de fulgor: 15 °C. Taxa de evaporação: 5,9 Pa (44 mmHg) a 20 °C. Limite inferior/superior de inflamabilidade ou explosividade: Inferior: 3,3 %; Superior: 19,0 % (Ref.: Etanol Puro). Densidade de vapor: 1,59. Densidade relativa: 0,8076 a 0,8110. Coeficiente de partição – n-octanol/água: Log Kow = - 0,31. Temperatura de autoignição: > 400 °C. Viscosidade: 1,20 cP a 20 °C.	

Autor: RauterQuimica (2019)