



**Universidade Federal do Oeste do Pará  
Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas  
Coordenação do Curso Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**FILTRO REDUTOR DE MATERIAIS PARTICULADOS, COM A AÇÃO DO  
CARVÃO ATIVADO A BASE DE CAROÇO DE TUCUMÃ (*Astrocaryum  
aculeatum*)**

**ALARILSON BATISTA COSTA  
RENATA HIPÓLITO NEVES**

**Santarém – Pará  
2017**

**ALARILSON BATISTA COSTA  
RENATA HIPÓLITO NEVES**

**FILTRO REDUTOR DE MATERIAIS PARTICULADOS, COM A AÇÃO DO  
CARVÃO ATIVADO A BASE DE CAROÇO DE TUCUMÃ (*Astrocaryum  
aculeatum*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e  
Ambiental da Universidade Federal do Oeste do Pará –  
Campus de Santarém, para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Área de Concentração:**  
Tecnologia Ambiental

**Orientador:**  
Prof. MSc. Manoel Bentes dos Santos Filho

**Santarém – Pará  
2017**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFOPA**

C837f Costa, Alarilson Batista

Filtro redutor de materiais particulados, com a ação do carvão ativado a base de caroço de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) / Alarilson Batista Costa, Renata Hipólito Neves. - Santarém, 2017.

88 f. : il.

Inclui referências bibliográficas.

Orientador: Manoel Bentes dos Santos Filho.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017.

1. Tecnologia ambiental. 2. Tucumã. I. Neves, Renata Hipólito. II. Santos Filho, Manoel Bentes dos, *orient.* III. Título.

CDD: 23.ed. 363.7

**Bibliotecário-documentalista: Rogério Aoyama CRB 2/1506**

## FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome dos Autores: COSTA, Alarilson Batista; NEVES, Renata Hipólito

Título: Filtro Redutor de Materiais Particulados, com a ação do Carvão Ativado a base de Carvão de Tucumã (*Astrocaryum aculeatum*)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Oeste do Pará, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data da Aprovação: 31/04/2017

### Banca Examinadora



Orientador e Presidente

Prof. Msc. Manoel Bentes dos Santos Filho

Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia das Águas/Universidade Federal do Oeste do Pará

Oeste do Pará



Membro Titular

Prof. Dr. Ruy Bessa Lopes

Curso de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental/ Universidade Federal do Oeste do Pará

Oeste do Pará

Membro Titular

Profa. Dra. Leidiane Leão de Oliveira

Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia das Águas/Universidade Federal do Oeste do Pará

Oeste do Pará

## DEDICATÓRIA

*Dedico esse trabalho*

*À Deus, pela saúde, paciência e força de vontade concedida. A meus pais, Alarico e Maria de Lourdes, por tudo o que fizeram por mim. A minha parceira de trabalho Renata Hipólito*

*Alarilson Costa*

*Dedico este trabalho a Deus pela realização de um sonho.*

*A minha família de maneira geral, em especial, aos meus irmãos, ao meu filho Enrico Martins, minha mãe Virgínia Hipólito, ao meu esposo Henrique Martins, ao sobrinho Renato Neves, a minha sogra Iranice Cursinho, ao meu amigo e parceiro de TCC Alarilson Costa.*

*Renata Hipólito Neves*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter nos proporcionado chegar até aqui, as nossas famílias por toda dedicação e paciência contribuindo diretamente para que pudéssemos ter um caminho mais fácil e prazeroso durante esses anos.

Aos nossos colegas e amigos em especial, Jamile, Kelson, Maria da Conceição, Ana, Edilaine e Erielma que nos apoiaram ao longa dessa caminhada.

Aos professores, em especial à professora MSc. Quêzia Leandro de Moura e ao nosso professor e orientador MSc. Manoel Bentes dos Santos Filho por gentilmente ter nos ajudado e guiado no decorrer desse trabalho com todo suporte necessário.

A Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, ao Instituto de Ciências e Tecnologias das Águas- ICTA e a Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental, e especialmente ao Laboratório de Química, por nos ceder o espaço físico, materiais, e demais recursos.

Enfim, um muito obrigado a todos que nos ajudaram nessa jornada.

## EPÍGRAFE

*“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo.” (Walter S. Landor).*

## RESUMO

COSTA, Alarilson Batista; NEVES, Renata Hipólito. **Filtro Redutor de Materiais Particulados, com a Ação do Carvão Ativado a Base de Carço de Tucumã (*Astrocaryum aculeatum*)**. 2017.89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia Ambiental) – Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Oeste do Pará.

Com o processo de urbanização e o crescimento das cidades houve um aumento da poluição ambiental, entre outros agravos, a poluição atmosférica tem tido posição de destaque, vista atingir grandes parcelas da população e possuir diversos efeitos na saúde humana que é um problema sério e que demanda medidas e mudanças profundas nas políticas públicas adotadas para solucionar a poluição do ar nos centros urbanos. No âmbito dessa problemática, o presente estudo analisa a viabilidade atenuar tal situação com desenvolvimento de uma tecnologia ambiental de baixo custo para redução da emissão de material na atmosférica. Para tanto, o presente estudo tem como objetivo geral desenvolver um filtro com ação de carvão ativado à base de caroço de Tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), viável para o controle da emissão de materiais particulados à atmosfera, no município de Santarém, no estado do Pará. A metodologia que norteou o estudo foi baseado em uma pesquisa bibliográfica, seguida de uma pesquisa experimental que dividiu-se em diversas etapas que foi desde a produção do carvão ativado até a experimento do filtro para avaliar sua eficiência. Durante o teste da pesagem, observou-se que o filtro redutor de materiais particulados, com a ação do carvão ativado à base de caroço de tucumã conseguiu reduzir 24,21g de material particulado que equivale um percentual de 1,62%, mostrando-se assim, uma eficiência de 98% na retenção de material particulado. Em virtude disso, conclui-se que, a respeito da construção do objeto de estudo o (filtro) foi realizada com sucesso, mesmo não havendo outras metodologias sobre tal assunto, onde utilizou-se uma metodologia própria com o uso de materiais de baixo custo e que é viável sua aplicação em empreendimentos de médio e pequeno porte, todavia tem que haver uma educação ambiental (EA) atentando à promoção do conhecimento na busca por mudanças de percepções mais sustentáveis.

**Palavras chave:** Filtro. Material particulado. Caroço de tucumã. Carvão ativado.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Esquema demonstrativo de como ocorre a ativação química. ....	27
Figura 2: Esquema apresentando os diferentes tipos de poros em um sólido quanto à forma: (T) poro de transporte, (A) poro aberto, (F) poro fechado e (G) poro tipo gaiola.....	28
Figura 3: Desenho esquemático do tamanho de poros em partículas de carvão ativado.....	29
Figura 4: Esquema do processo de adsorção .....	31
Figura 5: Mapa de Localização do Município de Santarém-Pa. ....	42
Figura 6: Mapa do município de Santarém e os municípios Limítrofes .....	43
Figura 7: Esquema das Etapas e Procedimentos da Pesquisa Experimental. ....	45
Figura 8: Mapa de Localização do Ponto de Coleta do Material Precursor.....	46
Figura 9: A- Coleta do caroço; B- Raspagem do Caroço; C- Lavagem do Caroço; D- Desidratação do Caroço; E- Pesagem do Caroço.....	47
Figura 10: A- Recipiente de 18L; B- Processo de Carbonização; - C- Caroço de Tucumã já carbonizado. ....	49
Figura 11: A-Trituração no Liquidificador; B- Peneiração do Carvão na peneira MESH; C- Carvão com granulometria $>18\mu\text{m}$ ; D- Carvão com granulometria $>50\mu\text{m}$ ; E- Carvão com granulometria $200\mu\text{m}$ .....	50
Figura 12: A- Pesagem da amostra do carvão; B- Peso da amostra do carvão a ser ativada- Peso do Agente ativante NaOH; D- Solução ativante; E- Impregnação da amostra de carvão em solução ativante; F- Secagem da amostra na Estufa.....	51
Figura 13: A- amostras do CA para análise do pH; B- pH sendo analisando; C- Pesagem do carvão para análise da adsorção ; D- Filtragem do Suco sem CA; E- Filtragem do suco com CA de $18\mu\text{m}$ ; F- Filtragem do suco com CA de $50\mu\text{m}$ . ....	53
Figura 14: A- Pesagem da amostra do carvão; B- Produção da goma de tapioca; C- Preparação da mistura para a produção da pastilha; D- Prensagem da pastilha; E- Pastilha prensada; F- Pastilha pronta.....	55
Figura 15: A- B- Etapas da montagem do filtro; C- Filtro Montado; D- Instalação do Filtro na Carvoaria; E- Filtro instalado. ....	57

Figura 16: A- CAP com granulometria do tamanho de 200 $\mu$ m; B- CAG com granulometria do tamanho de 50 $\mu$ m; C- CAG com granulometria do tamanho de 18 $\mu$ m. ....	59
Figura 17: A- 3 amostras para ser analisada; B- Análise da porosidade do CA de granulometria > 50 $\mu$ m; C- Análise da porosidade do CA de granulometria < 200 $\mu$ m; D- Análise da porosidade do CA de granulometria >18 $\mu$ m. ....	60
Figura 18: Análise do pH de cada amostra do carvão.....	61
Figura 19: Análise da adsorção.....	63
Figura 20: A- Resultado das amostra antes e depois da filtração do sabor morango; B- Resultado das amostra antes e depois da filtração do sabor laranja.....	63
Figura 21: Pastilha à base de carvão ativado com goma de tapioca antes do uso no filtro.....	64
Figura 22: Pastilha à base de carvão ativado de goma de tapioca depois do experimento com o filtro. ....	65
Figura 23: Esquema do filtro .....	66
Figura 24: A- Pesagem do filtro antes do 3° experimento; B- Pesagem do Filtro depois do 3° experimento.....	68
Figura 25: 1° Experimento do Filtro.....	69
Figura 27: 3° Experimento do Filtro.....	70
Figura 28: Filtro contendo em sua estrutura o composto químico (alcatrão).....	71
Figura 29: 1° Experimento do CAG .....	72
Figura 30: 2° Experimento do CAG .....	73
Figura 31: 3° Experimento do CAG .....	73
Figura 32: 1° experimento da pastilha 1.....	74
Figura 33: 1° experimento da pastilha 2.....	75
Figura 34:1° experimento da pastilha 3.....	75
Figura 35: 2° experimento da pastilha 1 .....	76
Figura 36: 2° experimento da pastilha 2.....	77
Figura 37: 2° experimento da pastilha 3.....	77
Figura 38: 3° experimento da pastilha 1 .....	78
Figura 39: 3° experimento da pastilha 2.....	79
Figura 40: 3° experimento da pastilha 3.....	79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Diferenças entre o Tucumã do Pará e o Tucumã do Amazonas de acordo com as diferenças descrições.....	20
Tabela 2: Fontes emissoras e granulometria típicas de material particulado inalável. ....	35
Tabela 3: Padrões Nacionais de Qualidade do Ar para material particulado .....	40
Tabela 4: Materiais utilizados nos procedimentos da coleta. ....	47
Tabela 5: Materiais e produtos utilizados no procedimento da produção do carvão ativado.....	48
Tabela 6: Materiais e produtos utilizados no procedimento da produção das pastilhas.....	53
Tabela 7: Materiais ou produtos utilizados na construção do filtro. ....	55
Tabela 8: Rendimento do Carvão ativado do caroço de tucumã .....	58
Tabela 9: Amostra de carvão ativado de diferente granulometria .....	59
Tabela 10:Análise do pH das amostras do carvão ativado.....	61
Tabela 11: Análise da adsorção de acordo com a granulometria.....	62
Tabela 12: Produção do carvão.....	66
Tabela 13: Elaboração da pastilha.....	67
Tabela 14: Produção do filtro .....	67
Tabela 15: Custo final.....	67
Tabela 16: Peso do Filtro de Carvão Ativado Utilizado Antes e Após os Experimentos.....	69
Tabela 17. Resultado do peso do carvão ativado granulado utilizado no filtro.....	72
Tabela 18:1° Experimento das Pastilhas do carvão ativado utilizado no filtro.....	74
Tabela 19: 2° Experimento das Pastilhas do carvão ativado utilizado no filtro. ....	76
Tabela 20: 3° Experimento das Pastilhas do carvão ativado utilizado no filtro. ....	78
Tabela 21: Diferença de peso do filtro a base de carvão ativado e diferença de peso de seus componentes, carvão ativado granulado e pastilhas de carvão ativado antes e depois do experimento .....	80

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA- Carvão ativado

CAG-Carvão Ativado Granulado

CAP- Carvão Ativado Pulverizado

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPA- Environmental Protection Agency

EA- Educação Ambiental

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPA- Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia

I.U.P.A.C- União Internacional de Química Pura e Aplicada

JIS -Japanese Industrial Standard

MP-Material Particulado

PI- Partículas Inaláveis

PRONAR- Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar.

PTS= Partículas Totais Sólidas

RESEX- Reserva Extrativista

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  = micrograma por metro cúbico;

$\mu\text{m}$  = micrometro;

$\text{nm}$  = nanômetro;

$\text{Kg}$  = Quilograma;

$\%$  = porcentagem.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>19</b>
2.1	Geral	19
2.2	Específicos	19
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>20</b>
3.1	Tucumã da Amazônia	20
3.2	Produção do tucumã no município de Santarém- Pa	21
3.3	Carvão ativado	23
3.4	Produção do carvão ativado	23
3.4.1	Material Precursor	24
3.4.3	Processo de Ativação	26
3.5	Caracterização do carvão ativado	27
3.5.1	Porosidade do Carvão Ativado	27
3.5.2	Adsorção do Carvão Ativado	29
3.5.3	pH do carvão ativado	31
3.6	Aplicação do carvão ativado	32
3.7	Produção filtro de carvão ativado para redução da emissão de material particulado.	32
3.8	Definição de material particulado	33
3.8.2	Fonte e Efeito da Emissão de Material Particulado	35
3.7.2	Controle de Emissões de Materiais Particulados	37
3.7.3	Métodos de Medição do Material Particulado	38
3.6.3	Aspectos Legais	39
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>42</b>
4.1	Área de estudo	42
4.1.1	Caracterização da Área	42
4.2	Tipo de pesquisa	44
4.3	Levantamentos de dados	44
4.3.2	Produção do carvão ativado	48
3.4.3	Produção das Pastilhas	53
3.4.5	Construção do filtro	55
3.4.6	Instalação e teste do filtro	56
3.4.7	Fórmula para calcular a eficiência do filtro	57

3.4.8 Tratamento estatístico .....	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	58
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	82
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83

# 1 INTRODUÇÃO

Com o processo de urbanização e o crescimento das cidades houve um aumento da poluição ambiental e, diante disto, a poluição atmosférica tem tido posição de destaque, por atingir grande parcela da população e possui diversos efeitos sobre a saúde humana, que demanda medidas e mudanças profundas nas políticas públicas adotadas para solucionar a poluição do ar nos centros urbanos. Estudos como de Garufe e Melo (2014) afirmam que, a exposição aos poluentes atmosféricos representa fator de risco para a exacerbação de diversas doenças, particularmente, as cardiovasculares e respiratórias, gerando alto custo para rede pública.

Todavia, essas doenças podem ser evitadas com a redução da emissão de poluentes na atmosfera. Porém, para que ocorra essa redução dos níveis de poluentes no ar, é necessário que se obedeça aos parâmetros exigidos nas leis vigentes, tais como, Resolução CONAMA nº 436, de 22 de dezembro de 2011; Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006; Resolução CONAMA nº 008, de 6 de dezembro de 1990; Resolução CONAMA nº 005, de 15 de junho de 1989. Além disso, para alcançar tais objetivos estabelecidos, devem ser adotados métodos de controle conforme as necessidades existentes. Muitos métodos de controle podem ser utilizados nos empreendimentos geradores de poluição atmosférica. Silva et al (2015), citam alguns exemplos, tais como, implantação de equipamentos nas chaminés, instalação de ciclones, lavadores de gases e câmeras gravitacionais, filtros e o aumento da fomalha.

Contudo, muitos entraves são encontrados por esses empreendimentos, principalmente decorrente do difícil acesso à ferramentas que obedeçam os parâmetros estabelecidos por lei. Essa dificuldade é resultado da complexidade das tecnologias que são empregadas para solucionar o problema, pois segundo Queiroz (2009) a maioria tem custo elevado no mercado, tanto na aquisição, como na manutenção do equipamento, sendo fundamental que se desenvolva esforços para que o acesso a essas tecnologias seja viável. Acredita-se que essas tecnologias viáveis que o autor se refere são as de baixo custo. Assim, é fundamental a implementação de processos e técnicas de baixo custo. Por como exemplo, aquelas

feitas com o carvão ativado, onde a matéria prima do meio natural, comumente utilizada, para fabricação do mesmo é a madeira de alta e baixa densidade, casca de coco, caroço do açaí, caroço de tucumã entre outras. Outrossim, o carvão ativado é um material que apresenta alta capacidade de adsorção, por ser um carbono puro e de grande porosidade, sendo que o mesmo pode ser aplicado em: adsorção de gases (na forma de filtros), tratamento de águas, de efluentes e em gases resultantes dos processos industriais, bem como, através dele, pode-se produzir outros derivados pastilhas.

Além do que, o desenvolvimento de tecnologias mais viáveis, virá favorecer, especialmente, os empreendimentos de médio e pequeno porte, geralmente instaladas, em cidades consideradas pequenas e médias como é caso do município de Santarém, localizado no interior do Estado do Pará, onde se encontram vários desses empreendimentos, que expõem os materiais particulados para a atmosfera sem um controle ou tratamento efetivo desses poluentes antes do lançamento, como por exemplos, as padarias, pizzarias, carvoarias, cerâmicas, etc.

Na ótica dessa problemática, o presente estudo limita-se a questão do controle da poluição atmosférica, mas especificamente na redução da emissão dos materiais particulados no perímetro urbano do município de Santarém, com a produção de um filtro à base de carvão ativado do caroço de tucumã, aplicável em empreendimentos como padarias, carvoarias e pizzarias que reúnem condições propícias para servir de exemplo para tal problemática em razão de existirem um quantitativo significativo desses tipos de empreendimentos supracitados no município, bem como, pretende responder os seguintes questionamentos: O carvão ativado a base do caroço do tucumã utilizado como material filtrante para produção desse filtro será eficiente na redução da emissão dos materiais particulados? Será que a aplicação desse filtro redutor nos empreendimentos como padarias, pizzarias, carvoaria é viável?

Para tanto, lança-se as hipóteses: a utilização do carvão ativado produzido com caroço do tucumã para desenvolvimento do filtro é uma forma eficiente para redução dos materiais particulados, assim como, a aplicação desse filtro redutor é viável, por se tratar de uma tecnologia não muito complexa e de baixo custo para sua aquisição e manutenção.

Assim, o estudo justifica-se, quando busca desenvolver um filtro, com ação do carvão ativado à base de caroço de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) que é um fruto de fácil acessibilidade na região amazônica e com produtividade estável, onde se pretende reduzir a emissão de material particulado para atmosfera, proveniente da combustão de madeira, uma vez que, a poluição atmosférica por emissão de material particulado continua sendo um sério problema no perímetro urbano, originando vários desconfortos e problemas de saúde à comunidade. Além disso, a produção de um filtro de forma sustentável é uma solução fácil, econômica e pode ser aplicável em padarias e pizzaria de pequeno porte que promovem a queima de refugo de madeira em seus fornos e o mesmo pretende atender recomendações determinadas pela legislação vigente no que tange os parâmetros de qualidade do ar.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Desenvolver um filtro com ação de carvão ativado à base de caroço de Tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), viável para o controle da emissão de materiais particulados à atmosfera.

### 2.2 Específicos



- ✓ Produzir o carvão ativado do caroço de Tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), via processo de ativação química utilizando o hidróxido de sódio (NaOH) como agente ativador;
- ✓ Produzir pastilhas através do carvão ativado com goma de tapioca;
- ✓ Construir o filtro para redução da emissão de materiais particulados de baixo custo;
- ✓ Realizar o teste de pesagem do filtro para avaliar a eficiência para possível utilização.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Tucumã da Amazônia

O tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) é espécie nativa do norte da América do Sul é encontrado nos estados do Amazonas, Pará e Amapá. Na Amazônia destacam-se duas variedades de tucumanzeiro, de acordo com Silva (2006), existe o tucumanzeiro-do-Pará (*Astrocaryum vulgare mart.*) e o tucumanzeiro-do-amazonas (*Astrocaryum aculeatum meyer*), onde destaca-se as seguintes diferenças, como mostra a Tabela 01.

Tabela 1: Diferenças entre o Tucumã do Pará e o Tucumã do Amazonas de acordo com as diferenças descrições.

DESCRIÇÃO	 TUCUMÃ DO PARÁ	 TUCUMÃ DO AMAZONAS
Nº de Troncos	2-20	1
Diâmetro de Tronco	15-20cm	15-33cm
Cor da casca do fruto	Laranja	Verde, amarelo
Comprimento do fruto	3,5-4,5cm	4,5-6cm
Diâmetro do Fruto	2,5-3,5cm	3,5-4,5cm
Cor do fruto	Laranja	Laranja e amarelo
Consistência da polpa	Compacta e firme	Pastosa, oleosa e pouco fibrosa

Fonte: Adaptado de SHANLEY; SERRA; MEDINA, 2010.

O tucumã é o fruto do tucumanzeiro que é uma palmeira solitária, sendo que, a mesma produz cachos com numerosos frutos de formato ovoide, casca amarelo-verdeada e polpa fibrosa, amarela, oleaginosa característica, que reveste o caroço, tem estirpe ereta podendo chegar aproximadamente de 10 m a 15 m de altura, encontrada em adensamentos florestais naturais, particularmente em áreas abertas como capoeiras e pastagens abandonadas quase sempre em solos pobres e degradados. Suas sementes podem levar até dois anos para germinar, as plantas

crecem lentamente no cultivo até começar a produzir frutos, depois de aproximadamente oito anos (SOUSA; PINHO; COSTA, 2013).

Com relação a produção, Shanley; Serra; Medina (2010) citam que, cada palmeira produz cerca de 50 kg de frutos por ano, e esses frutos são conhecidos como tucumã da Amazônia. Sobre isso vale destacar dois aspectos socioeconômicos importantes do fruto do tucumã, tais como; geração de emprego e renda para muitas famílias, em razão de ter comércio muito intenso, pois, é um fruto muito utilizados para fins alimentícios, podendo ser consumida in natura, bem como, em recheio de sanduíches e no preparo de sorvetes; fonte de matéria prima para produção de cosméticos e óleos. Além disso, trabalhos com frutos de tucumã demonstraram a sua composição química, em média, de 46% de umidade, 5% de proteínas, 30% de lipídios, 9% de fibras e 3% em minerais (LUZ,2011).

Já Sousa, Pinho e Costa (2013) dizem que, é devido a isso que o fruto tucumã empregado na culinária amazonense, apreciada principalmente no café da manhã, pode ser uma alternativa para solucionar o déficit de energia elétrica. A Embrapa (2012) cita que, o tucumã precisa de maior atenção por parte das instituições de pesquisa, especialmente quanto ao melhoramento genético na busca de maior produtividade.

### **3.2 Produção do tucumã no município de Santarém- Pa**

No município de Santarém-Pará, a produção de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), ainda é discreta, diferente do município de Soure na Ilha de Marajó, estado do Pará. Que conforme Menezes et al (2012), é um dos grandes produtores do tucumã, onde a safra de tucumã ocorre com maior intensidade no período de janeiro a maio, sendo que 99% dos agricultores processam entre 30 a 60 kg de frutos/dia.

Todavia, com relação ao município de Santarém, o tucumã está inserido na cadeia de comercialização de produtos não madeireiros na região de integração do baixo Amazonas que inclui o município de Santarém. Segundo Silva (2006) O tucumã faz parte das 63 cadeias analisadas, dentre as quais: castanha-do-brasil, açaí, cupuaçu, mel de abelha, cacau, borracha (látex), andiroba e outros.

Em muitas comunidades rurais pertencente ao município de Santarém-Pa, como é caso da comunidade de Suruacá a produção do tucumã é perene e abundante, onde sua real importância econômica reside na exploração da polpa dos frutos para o consumo humano, além de servir como meio de alimentação para animais domésticos e silvestres, assim como, nas comunidades ribeirinhas como Vila Gorete, Arimum, São Miguel, Urucurea e Vila Brasil que através das fibras extraídas do tucumazeiro as artesãs trançam cestas, baús, mandalas, vasos, potes, colares e bolsas, sobre isso é relevante ressaltar que, as mulheres da comunidade de Urucurea, no rio Arapiuns, em Santarém, no Pará, tradicionalmente fazem cestaria com palhas retiradas das guias (folhas novas) de tucumã (SHANLEY; SERRA; MEDINA, 2010).

Percebe-se, que o manejo e a conservação da espécie tucumã para fins artesanais estar muito presente nessas comunidades. Contudo, por se tratar de um material orgânico e extingüível, é ímprobo precisar o período de surgimento dessa prática. Porém, o tucumã tem outras utilidades, que devido à falta de pesquisas científicas por parte das instituições, bem como, o costume da população local ainda não se descobriu, no que se refere essa temática é importante saber que, o caroço é utilizado no artesanato, as folhas fornecem uma fibra bastante resistente, que é usado nas cestarias, e a polpa do fruto é consumida in natura (SHANLEY; SERRA; MEDINA, 2010).

Vale ressaltar-se, o valor econômico do tucumã cresceu muito, uma vez que, a ele, pode ser agregado valores, que vão desde o fruto e o caroço ao espinho. Segundo Shanley; Serra e Medina (2010), o uso do caroço tem um valor econômico considerável, por exemplo uma saca com 60 quilos custa entre R\$ 10,00 e R\$ 15,00, os artesanatos como anel e cordão custam entre R\$ 1,00 e R\$ 15,00.

Observa-se que o tucumã é um fruto importante e promissor, uma vez que, pode ser para utilizados para diferentes fins, especialmente como alternativa energética como a produção de carvão ativado.

### 3.3 Carvão ativado

O uso do carvão é bem antigo, sendo impossível definir sua origem, o carvão comum e o carvão vegetal ou parte desvolatilizada de materiais carbonáceas, já era empregado com material adsorvente antes mesmos do surgimento do carvão ativado. E o maior desenvolvimento de carvões ativados surgiu durante a 1ª Guerra Mundial, quando os carvões ativados granulados eram utilizados em máscaras de gás (CENDOFANT, 2005).

Carvão ativo ou ativado é um produto quimicamente inerte, usado para a remoção de impurezas dissolvidas nos produtos a serem tratados. Outro aspecto importante do carvão ativado (CA) é que o mesmo é um material carbonáceo e poroso (TELES; FURTADO, 2016).

Além de todas essas características do carvão ativado, acrescenta-se que o carvão ativado, tem um poder de adsorção surpreendente, com capacidade de coletar seletivamente gases, líquidos ou impurezas no interior dos seus poros, apresentando portanto um excelente poder de clarificação, desodorização e purificação de líquidos ou gases, por isso está sendo muito utilizado como material filtrante em diversos equipamentos industriais, tais como; purificadores, filtros, etc.

### 3.4 Produção do carvão ativado

O carvão ativado é produzido a partir da desidratação de matérias-primas e carbonização seguida de ativação. Suas características são influenciadas, sobretudo, pelo material precursor (WERLANG *et al*, 2013).

E esse processo de carbonização da matéria-prima citada pelos autores, deve estar acima de 500°C. Além do mais, Claudino (2003) ressalta que, a grande parte da produção mundial de carvão ativado é de origem vegetal. E esse carvão ativado produzido pode ser encontrado comercialmente na forma granular, denominada de carvão ativado granular (CAG) e na forma física pulverizado (CAP) (FERNANDES; SANTOS; BRUN, 2010).

No que se refere a essa temática, sobre o tipo de carvão ativado que é produzido e suas respectivas granulometrias, Rubim (2015), destaca os tipos mais utilizados de acordo com a sua granulometria, onde o carvão ativado granular (CAG), são aplicados para tratamento de água e de ar e o carvão ativado pulverizado ou em pó (CAP), aplicado para remoção de gosto e odor em águas potáveis e no tratamento de efluentes.

A produção do carvão ativado se dá devido à crescente demanda por água pura e ar limpo no mundo todo. Para Claudino (2003), cerca de 400.000 toneladas de CA são produzidas anualmente no mundo. Essas toneladas são obtidas a partir de um milhão de toneladas de precursores diferentes. Sobre isso, Teles e Furtado (2016) afirmam que, o carvão ativado é de grande interesse em muitos setores econômicos, no último ano o Brasil importou cerca de 5000 ton. o que correspondeu a 15 milhões de dólares.

A produção do carvão ativado, dá-se justamente por esse grande interesse econômico, principalmente, por ele ser uma forma de carbono puro de grande porosidade que apresenta notáveis propriedades atribuídas à sua área superficial. E essa importação tende aumentar, uma vez que, a previsão que aumente o uso do carvão ativado. Conforme descreve Rubim (2015) por volta do ano 2030, é esperado um aumento de 50% na demanda mundial.

Nota-se que, mesmo que este insumo venha desempenhando um papel importante como material filtrante, a sua produção ainda é inferior à sua demanda. Partindo dessa premissa, vários institutos de pesquisas na Amazônia, como é o caso do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia-INPA, já testam diversos materiais primas naturais, como o caroço do açaí, manga, pequi e tucumã para a produção do carvão ativado.

### **3.4.1 Material Precursor**

Para Niederberg (2012), o material precursor nada mais é do que a matéria-prima a ser utilizada para a fabricação do adsorvente. Contudo, nota-se que um bom material precursor é aquele que possui um elevado teor de carbono em sua

composição, sendo que, esses precursores do carvão ativado são materiais que se enriquecem durante o tratamento térmico, sem que haja fusão ou abrandamento que impeça a formação de microporos. Fernandes (2010) argumenta que, o carvão ativado é obtido geralmente de substâncias com alto teor de carbono, como osso, casca de coco, sementes e casca de frutas, madeira, carvão mineral e polímeros sintéticos.

Todavia, estão surgindo novos materiais precursores com as mesmas características das substâncias citadas acima para se produzir o carvão ativado e sustentável, como por exemplo o caroço de tucumã. Na Amazônia consome-se muito esse fruto, e têm resíduos descartados todos os dias. Neste sentido, Sousa, Pinho e Costa (2013) comentam que, os caroços de tucumã como a principal matéria prima para produção do carvão ativado, acabam sendo descartados como lixo.

Vale ressaltar que, na Amazônia já se produz o carvão ativado à base do caroço do tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), para tratamento de água, pois ele é capaz de eliminar boa parte de resíduos e microrganismos existentes nas águas. Conforme o INPA (2015), os caroços de tucumã passam pelo processo de carbonização, em seguida são modulados pedaços grandes e pequenos, capazes de filtrar e eliminar os microrganismos.

### **3.4.2 Processo de Carbonização**

Carbonização é um processo químico de combustão incompleta de determinados sólidos quando submetidos ao calor elevado, ou seja, o ato de carbonizar é a redução a carvão de uma determinada matéria prima. O processo de carbonização ou pirólise é usualmente realizada na ausência de ar, em temperaturas compreendidas entre 500 - 800°C, essa carbonização tem a finalidade de remover material volátil da matéria prima e criar uma estrutura porosa inicial (MOLETTA,2011).

Essa carbonização pode ser realizada em fornos convencionais, por condução ou convecção, ou em fornos de microondas que utilizam ondas eletromagnéticas para transferência do calor (HEYLMANN,2015).

A respeito do processo a carbonização vale ressaltar que, após a carbonização o carvão produzido não possui alta eficiência de adsorção, devido à sua estrutura de poros ser pouco desenvolvida, uma vez que, essa estrutura porosa é reforçada durante o processo de ativação.

### **3.4.3 Processo de Ativação**

O processo de ativação consiste em submeter o material a reações secundárias, visando aumento da área superficial. O propósito do processo de ativação é o controle das características básicas do material como distribuição de poros, área superficial específica, a resistência mecânica, etc. (FERNANDES,2010).

Cabe ainda dizer que, esse processo de ativação é responsável pela dilatação do diâmetro dos poros menores, assim como, pelo desobstrução e surgimento de novos nos materiais precursores. Existem dois processos para preparação de carvão ativado: ativação química e ativação física (MOLETTA,2011).

Sendo que, pode-se conceituar a principal diferença entre ativação química e física, onde:

A ativação química é conhecida como um método que consiste submeter o material a ser ativado a uma reação com reagentes químicos (Figura 1), neste sentido Heylmann (2015), comenta que, a ativação química é conduzida pela impregnação de um agente químico desidratante ou oxidante, como Cloreto de Zinco ( $ZnCl_2$ ), Hidróxido de Sódio ( $NaOH$ ) entre outras substâncias sobre o material precursor.

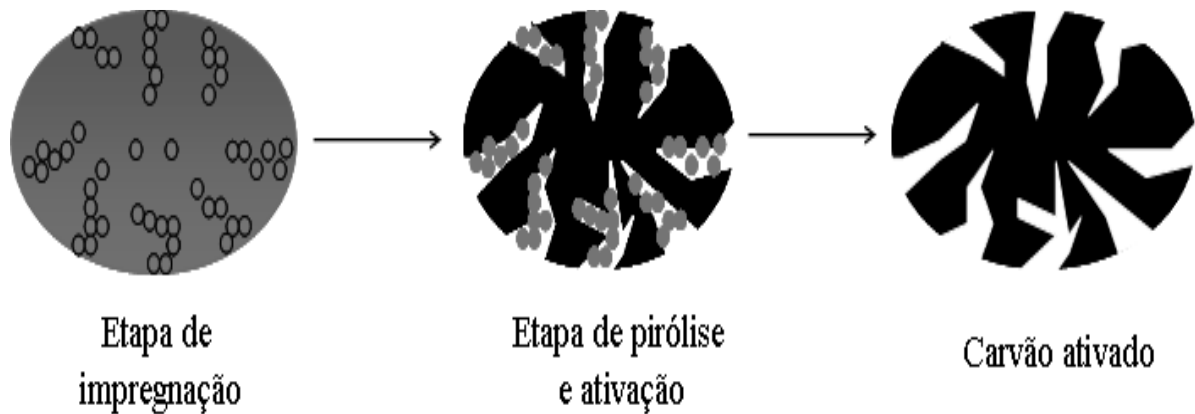


Figura 1: Esquema demonstrativo de como ocorre a ativação química.  
Fonte: PEREIRA,2010.

Já como relação a ativação física é um método em que o material carbonizado é exposto a atmosfera oxidante, sobre isso, pode-se dizer que, a Ativação física trata-se de um processo no qual o material carbonizado sofre reação com um gás oxidante, geralmente vapor de água ou  $\text{CO}_2$  ou uma mistura de ambos em temperaturas na faixa de 600 a 1000°C (HEYLMANN,2015).

No tocante, a ativação química é preferível no que se refere a ativação física, em razão de à temperatura mais baixa e menor tempo possível para ativar carvão. E um agente ativador que vem sendo muito utilizado na ativação química é o hidróxido de sódio (NaOH). À vista disso, Cubas (2009) diz que, esse agente ativante tem a capacidade desidratante que influência na decomposição por pirólise, inibindo a formação de betuminosos no interior dos poros.

### 3.5 Caracterização do carvão ativado

#### 3.5.1 Porosidade do Carvão Ativado

A porosidade obtida com o processo de ativação do carvão é um dos mecanismos de maior relevância para a avaliação de seu desempenho, sobre tal assunto Schmidt (2011) diz que, é durante o processo de ativação, que ocorre a remoção de componentes e de resíduos orgânicos presentes entre os cristais elementares que possam obstruir os poros.

O volume e o diâmetro dos poros presentes na composição do carvão ativado determinados pelo processo de ativação, são fatores essenciais no desempenho das propriedades do adsorvente. Desta forma, a distribuição do tamanho de poro é um parâmetro muito importante para o estudo da porosidade, já que está profundamente relacionada à área superficial apresentada pelo material (HEYLMANN,2015).

De acordo, com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC, 1997), os poros do carvão ativado podem ser classificados quanto a forma e a dimensão.

Quanto à forma, são classificados como poros abertos que correspondem a buracos no material que se comunicam com a superfície externa, como poros fechados que correspondem a buracos isolados e como poros de transporte que são aqueles que atravessam as partículas ou interligam quando existe comunicação entre os poros como apresentado na (Figura 2).

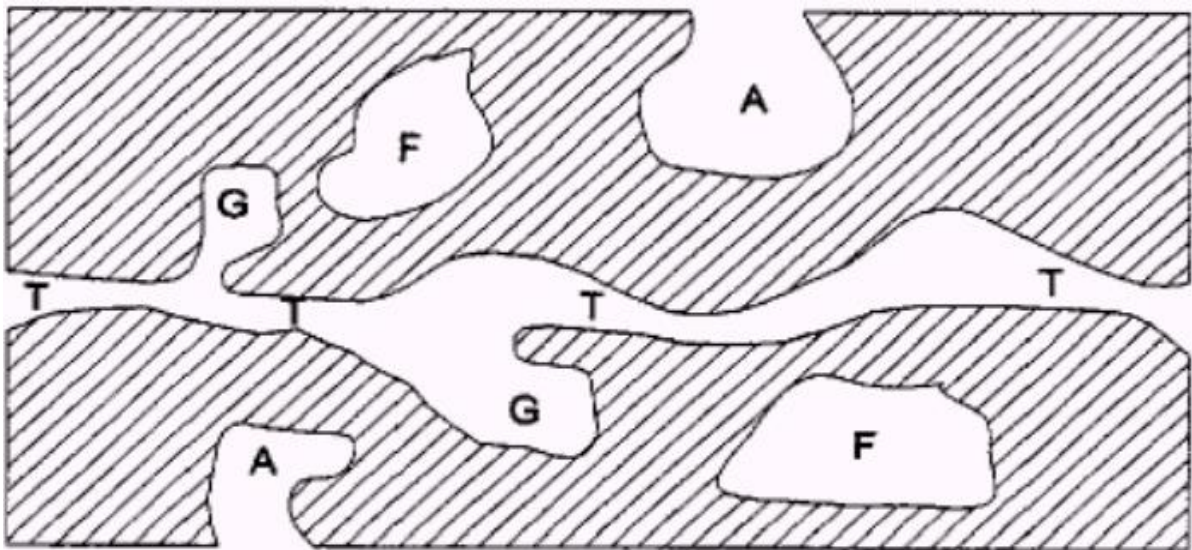


Figura 2: Esquema apresentando os diferentes tipos de poros em um sólido quanto à forma: (T) poro de transporte, (A) poro aberto, (F) poro fechado e (G) poro tipo gaiola.  
Fonte: CLAUDINO, 2003.

Quanto à dimensão, está baseada nas propriedades de adsorção as propriedades dos poros podem ser classificadas em microporos, mesoporos e macroporos (Figura 3).

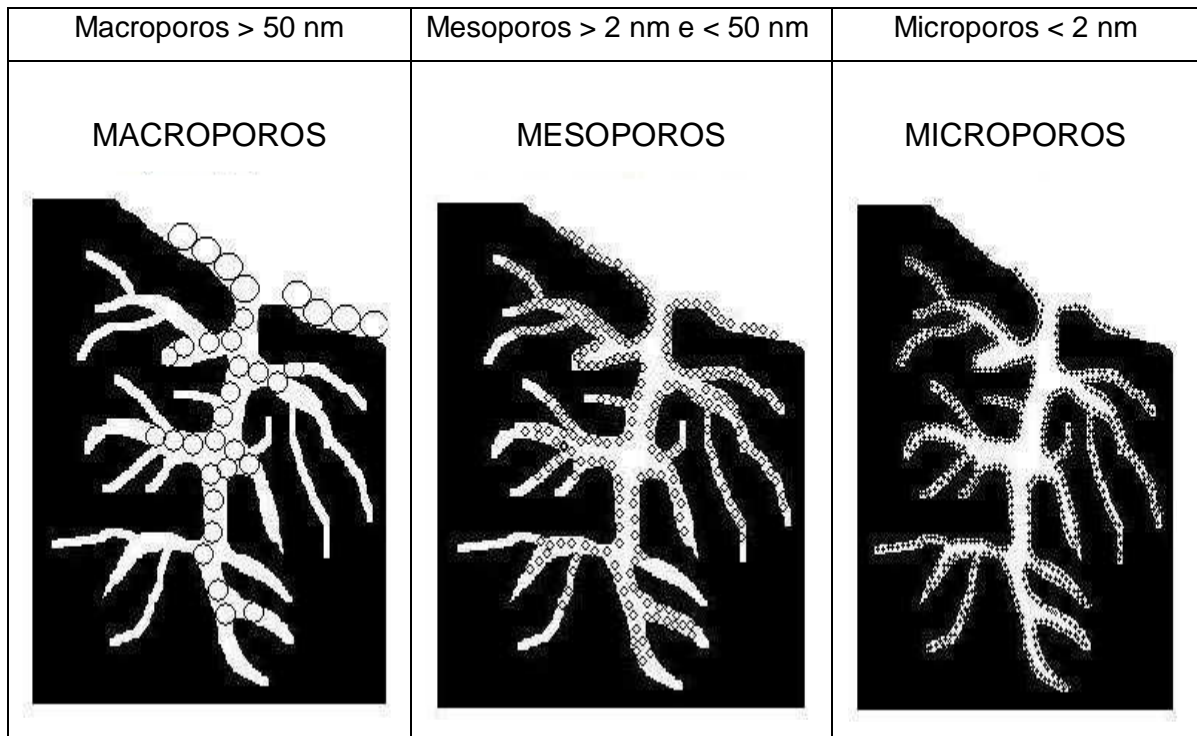


Figura 3: Desenho esquemático do tamanho de poros em partículas de carvão ativado.  
Fonte: FLORIDO, 2011.

Sobre referido assunto, Heylmann (2015) cita a finalidade de cada poro de acordo com sua dimensão, onde: os microporos faz adsorção de moléculas de dimensões pequenas como gases e solventes comuns, mesoporos são importantes para a adsorção de moléculas grandes como corantes e macroporos sem importância para a adsorção e sua função é servir como meio de transporte para as moléculas gasosas.

Vale ressaltar que, o poder de adsorção do carvão ativado dependem do tipo e das estruturas porosas. Tal afirmação corrobora com a de Rubim (2015), no sentido que os tipos de poros que o carvão tem são um dos fatores mais importantes na hora de indicar um carvão para uso.

### 3.5.2 Adsorção do Carvão Ativado

A adsorção é uma operação de transferência de massa do tipo sólido fluido na qual se explora a habilidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície determinadas substâncias existentes em soluções líquidas (GOMIDE, 1980).

Dentro do fenômeno da adsorção pode-se observar duas diferentes classes de interação entre as moléculas do meio fluido e as do sólido, baseado nas forças de atração. Para Santos (2013) existem dois tipos de adsorção, classificadas de acordo com a natureza das forças que as unem: adsorção física ou fisiossorção e adsorção química ou quimiossorção.

Para Gomide (1980) a adsorção física ocorre a baixas temperaturas, rapidamente e é reversível, sendo invariavelmente exotérmica, e o que pode ser provado pela termodinâmica. E a adsorção química são formadas ligações químicas entre o adsorvente e o adsorbato (Silva,2012).

Ao contrário da adsorção física, a adsorção química é um processo instantâneo, ocorre mesmo em altas temperaturas e há formação de apenas uma camada, podendo ser irreversível (SCHNEIDER, 2008).

No que se refere, o processo de adsorção é um processo que começa, quando as moléculas de um fluido entram em contato com um sólido, uma força de atração entre o sólido e as moléculas do fluido podem provocar sua fixação na superfície do sólido. Claudino (2003) corrobora com tal visão ao citar que, as moléculas no interior de um sólido são submetidas a forças de mesma intensidade em todas as direções enquanto as moléculas superficiais são submetidas a forças de intensidades diferentes.

Nota-se que, OS carvões ativados são materiais já consolidados no uso para tratamentos por processos de adsorção. Os principais mecanismos que o credencia, são suas características por possuir elevada área superficial específica, estrutura porosa, presença de sítios ativos e grupos funcionais, o carvão ativado para ser considerado eficaz por ter grande área superficial, com os tamanhos apropriados dos poros para prender as espécies desejadas e cargas de superfície opostas àquelas dos adsorbato. O mecanismo de adsorção de um poluente (adsorbato) em sólidos porosos pode ser descrito de acordo com a (Figura 4).

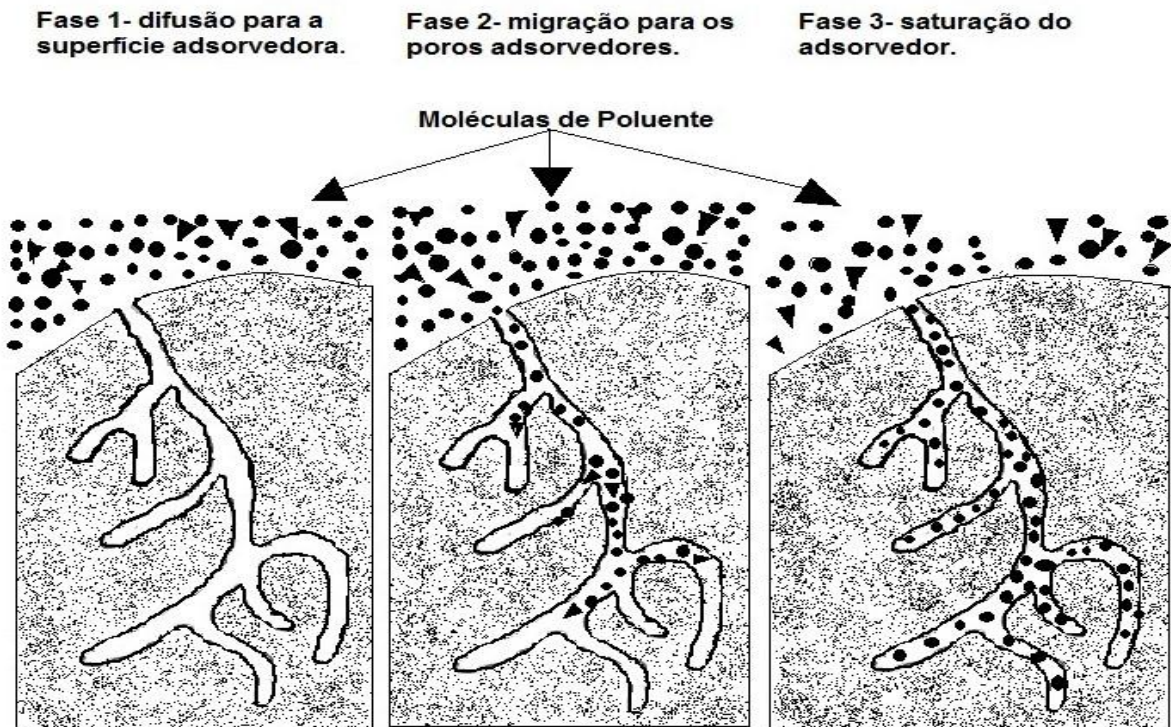


Figura 4: Esquema do processo de adsorção

Fonte: Adaptado de GOMIDE,1980.

Nesse sentido é importante ressaltar que, a capacidade de adsorção do carvão ativado para um determinado poluente pode ser determinada pelo cálculo de sua isoterma de adsorção (SANTOS, 2013).

### 3.5.3 pH do carvão ativado

O pH é um parâmetro importante do carvão ativado visto que, ele é utilizado na indústria alimentícia e farmacêutica em produtos sensíveis ao pH. Para Moletta (2011), os adsorventes carbonáceos apresentam características ácido – base, que são resultantes da oxidação da superfície do material de origem.

Existem várias metodologias para análise do pH do carvão ativado, sendo que as mais utilizadas em vários estudos são: a descrita na norma ASTM D3838/80.E a da norma JIS (Japanese Industrial Standard).

### **3.6 Aplicação do carvão ativado**

A primeira aplicação do carvão ativado no setor industrial ocorreu na Inglaterra, em 1794, quando este foi utilizado como agente descolorante na produção industrial de açúcar (NASCIMENTO, STELA,2015).

Os carvões ativados são usados em processos para remover determinadas substâncias de um fluido, através do fenômeno da adsorção e possuem vasta aplicação. Para DERBYSHIRE *et al.* (1995, apud CENDOFANT, 2005), as principais são: tratamento de água, descolorante, recuperação de solventes, filtros de proteção, adsorção e purificação de gases, suporte de catalisadores.

Porém, além do seu uso básico na indústria, há uma tendência da utilização do produto na busca de soluções ambientais em diversos segmentos da indústria devido às legislações ambientais, que estão cada vez mais rígidas. Nos últimos dez anos, as empresas de saneamento também têm migrado para o uso do carvão ativado em pó, com um alto teor de umidade, em torno de 30% (RUBIM,2015).

Todavia, o carvão ativado mais apropriado para a aplicação depende muito do tipo de produto a ser tratado e da situação de operação do processo. Como por exemplo, para o tratamento do ar a indústria está cada vez mais utilizando produtos como é caso dos filtros à base de carvão ativado para redução da emissão poluentes tóxicos, materiais particulados entre outros.

### **3.7 Produção filtro de carvão ativado para redução da emissão de material particulado.**

Para entender melhor o que como funciona um filtro, é indispensável saber um pouco sobre o processo de filtração, neste sentido Lenzi e Favero (2012) descrevem que:

A filtração é um processo físico de separação de partículas (substâncias, corpos etc.) pela passagem de uma espécie com diâmetro menor através de uma membrana (papel, pano, carvão ativado, etc.) com “orifícios” ou malhas de diâmetro menor que o das partículas a serem retidas.

Percebe-se que, a filtração não é um processo tão complexo, e quando se trata da filtração de material particulado não chega ser um problema a princípio, visto que, atualmente, grandes variedades de filtros estão disponíveis no mercado, os quais permitem a captura de 70 a 95% da massa total de material particulado produzido, tal como, o filtro de tecido ou filtro manga. Assim, Manahan (2013) diz que, os filtros manga, são constituídos de tecidos que permitem a passagem de gás, mas retém o material particulados.

Todavia, esses tipos de filtros são tecnologias muito complexas e de elevado custo para sua aquisição e manutenção. Por esse motivo, é necessária produzir filtros mais barato para tratar a poluição atmosférica, e uma dessas alternativas são o filtros à base de carvão ativado, já que esses filtros oferecem soluções efetivas para qualidade do ar em recinto fechados, além do mais, os materiais precursores para produção do carvão são matérias primas que podem ser reaproveitadas que iriam ser descartadas de maneira inadequada no meio ambiente, e um exemplo disso, é o caroço do tucumã.

No que tange ao eficiente uso do carvão ativado, Branco e Murgel (1995) dizem que, o filtro de carvão ativado tem a capacidade de reter os vapores e materiais particulados, evitando que cheguem à atmosfera.

Os filtros à base de carvão ativado para redução da emissão de material particulado são tão eficientes, quanto os filtros mangas, assim como, o seu funcionamento é semelhante à dos filtros mangas, todavia, são equipamentos muito mais barato. A utilização do filtro junto ao carvão ativado, reduz significativamente a emissão de materiais particulados, portanto esse tipo de filtro é eficiente no tratamento de gases (FEBRACE, 2015).

### **3.8 Definição de material particulado**

O materiais particulados, referem-se a partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, fumaça, nevoas, fuligem e outras (CETESB,2016).

Vesilind e Morgan (2011), classifica e define o material particulado segundo o método de formação, como:

Poeiras: partículas sólidas carregadas por gases de processo provenientes de materiais sendo manipulados ou processados e aqueles produtos que passaram por operações mecânicas como por exemplo, carvão, cinzas, cimento, serragem, areia utilizada no processo de jateamento.

Fumaças: são feitas de partículas sólidas formadas pela combustão incompleta de materiais carbonáceas. Embora os hidrocarbonetos, ácidos orgânicos, óxidos de enxofre, entre outros sejam produzidos por processos de combustão, apenas as partículas sólidas resultantes da combustão incompleta de materiais carbonáceas são chamadas de fumaça e suas partículas possuem diâmetros de 0,05 até 1  $\mu$ .

Névoa consiste de partículas líquidas formadas pela condensação de um vapor e talvez por uma reação química, as nevoas possuem diâmetros que variam de 0,5 a 3,0  $\mu$ .

Para Miller Jr.(2012), o material particulado são uma variedade de partículas e gotas (aerossóis) pequenas e leves, suficiente para permanecerem suspensas na atmosfera durante períodos curtos e longos. Já Braga et al (2005) definem, que os materiais particulados são contaminantes que podem ter origem de processos de combustão (fuligem e partículas de óleo), assim como, podem ter origem natural.

Vale notar que, os materiais particulados tem tamanhos variados, todavia diminutos bastante para manter-se na atmosfera, essa composição variada, em geral substrato inorgânico recoberto por substâncias inorgânicas ou orgânicas. Neste contexto Lenzi e Favero (2012), abordam que:

Os materiais particulados, são partículas que se apresentam dispersas na atmosfera com dimensões que variam de 100  $\mu\text{m}$  a 0,002  $\mu\text{m}$ , quando ampliados podem se apresentar em faixas de 500 $\mu\text{m}$  (0,5mm) a dimensões moleculares (0,0001 a 0,001  $\mu\text{m}$ ), mas, na maioria das vezes apresentam tamanhos que se encontram abaixo do limite de visibilidade do olho nu ( $\pm 90\mu\text{m}$ ) são considerados esféricos e por isto, a dimensão destas partículas refere-se ao diâmetro das mesmas. E a dispersão de particulados na atmosfera é uma “mistura” onde o particulado é o disperso (ou soluto) e a fase gasosa, o ar (mistura gasosa de oxigênio e nitrogênio) é a fase dispersante (ou o solvente). Dependendo da dimensão do soluto, esta mistura pode ser uma “solução verdadeira”, ou uma “dispersão coloidal” e ou uma grosseira.

Para entender melhor sobre o material particulado, é indispensável compreender, tanto o seu tamanho, quanto a sua origem, pois, geralmente um material particulado do tamanho  $> 0,2 \mu\text{m}$  são formadas na atmosfera e estão

geralmente presentes em elevadas concentrações no meio urbano e o de tamanho entre 0,2 -2  $\mu\text{m}$ , são originados a partir dos processos de condensação das partículas de dimensão inferior; são estáveis na atmosfera tendo tempos de vida de 7 a 30 dias.

### 3.8.2 Fonte e Efeito da Emissão de Material Particulado

O material particulado (MP) pode se originar de fontes naturais ou antropogênicas e sua emissão pode ser primária (construções, estradas de terra, plantações, etc.) ou secundária, pela interação com compostos pré-existentes na atmosfera. A Tabela 2 apresenta a classificação do material particulado, conforme a sua fonte emissora, natural ou antropogênica, e com a granulometria, fina ou grossa.

Tabela 2: Fontes emissoras e granulometria típicas de material particulado inalável.

EMIÇÃO	FONTE	TIPO	GRANULOMETRIA	TAMANHO
Poeira do Solo	Natural	Primária	Grossa	>2,5 $\mu\text{m}$
Sal Marinho				
Poeira Vulcânica				
SO <sub>2</sub> vulcânicos		Secundária	Fina	< 2,5 $\mu\text{m}$
VOC's				
Poeira Industrial	Antropogênica	Primária	Grossa e Fina	>2,5 e < 2,5 $\mu\text{m}$
Fuligem			Fina	< 2,5 $\mu\text{m}$
Queima de Biomassa		Secundária	Fina	< 2,5 $\mu\text{m}$
Sulfatos			Grossa	>2,5 $\mu\text{m}$
NO <sub>x</sub>				

Fonte: Adaptado de Camarinho, 2010.

Como observa-se, materiais particulados são classificados de acordo com as fontes emissoras, os tipos e a granulometria. Com relação aos tipos é necessário entender bem as diferenças:

Todos os poluentes que são lançados diretamente pelas indústrias, veículos ou operações de queima são denominadas de poluentes primários. A partir deles, ocorrem reações na atmosfera, segundo determinadas condições de temperatura, umidade e radiação solar, onde forma-se, novos poluentes que são denominados secundários (BRANCO; MURGEL, 1995, p. 25).

Ainda nessa mesma linha de pensamento, as fontes de materiais particulados de origem antropogênica podem ser classificadas do seguinte modo, fontes móveis, onde se enquadram todos os meios de transporte aéreo, marítimo e terrestre que utilizam motores à combustão como força motriz e as fontes estacionárias onde temos como exemplos, as lavanderias e queima de combustíveis em padaria, pizzarias, churrasqueiras que utilizam a lenha como energético. Esses comércios são responsáveis pela emissão de níveis preocupantes de carbono (na forma de particulados, fuligens e gás Monóxido de Carbono, além das cinzas e poeiras), sobre tal assunto Queiroz (2009), discorre que:

A queima de lenha nas fornalhas dos fornos, principalmente em padarias, acontece de forma precária, resultando na formação de fumaça (fuligem) de cor escura e cinzas, que escapam pela chaminé, causando incômodos às pessoas que residem nas proximidades, gerando constantes reclamações da população.

Na análise de Vesilind e Morgan (2011), os fornos à lenha são aparentemente eficientes emissores de pequenas partículas da variedade  $MP_{10}$ . Isso significa dizer que, todas essas atividades de fontes estacionárias que utilizam fornos à lenha, conseqüentemente emitem material particulado que é considerado um dos poluentes atmosféricos com efeitos bem mais agressivos, tanto para o homem, quanto para o meio ambiente e se apresenta globalmente e em escala local.

Esses efeitos sobre o meio ambiente provocam danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo, assim como, podem causar um impacto negativo na saúde humana (VESILIND; MORGAN, 2011).

Já nos organismos humanos esses efeitos são logo evidenciados na alteração da capacidade do sistema respiratório de remover as partículas do ar inalado. É importante destacar que, a variação do tamanho do diâmetro do MP está

extremamente ligado ao seu potencial de causar doenças. As partículas com diâmetro igual ou menor a 10 micrômetros (MP), são as de maior preocupação, pois conseguem passar facilmente pelo nariz e garganta, atingindo os pulmões e podendo causar uma série de doenças respiratórias e cardíacas. Com relação a isso cabe citar a literatura de Spiro e Stigliani (2009) quando descrevem que:

As partículas atmosféricas são preocupantes por dois motivos principais: elas afetam consideravelmente o balanço radioativo da terra e constituem graves riscos à saúde, essas partículas penetram nos pulmões, bloqueando e irritando as passagens de ar e podem provocar efeitos tóxicos, causando doenças conhecidas como; doença do pulmão negro, a fibrose pulmonar, irritação no trato respiratório, enfisema entre outras. As pequenas partículas exercem maior impacto à saúde porque penetram mais profundamente no pulmão. Já as partículas maiores do que micrômetro ficam presas no nariz e na garganta, de onde são facilmente eliminadas.

Em virtude dessa problemática, é relevante lembrar que o controle ou redução da emissão do material particulado na atmosfera atenuaria muito os riscos que isso ocasiona à saúde, mas, esse controle tem que ser feito na fonte da emissão. Neste sentido Fernandes (2003) ressalta que, essa emissão de material pode ser controlada ou reduzida na fonte com a escolha do equipamento ou tecnologia, de forma a poder optar pela menos poluidora possível.

### **3.7.2 Controle de Emissões de Materiais Particulados**

Antes de iniciar as medidas de caráter corretivo, como o controle das emissões de materiais particulados, deve-se adotar medidas de caráter preventivo. Deve-se procurar, sempre que possível, adotar ações indiretas para o controle da poluição atmosférica.

Esse o controle da emissão do material partícula, também envolve medidas indiretas e diretas, onde:

As medidas indiretas são aquelas que visam a eliminação, redução, diluição, segregação ou afastamento dos poluentes. Como exemplos de medidas indiretas tem-se substituir o combustível fóssil por outras fontes de energia, tais como, solar, vento etc., remover o MP da fumaça emitida pelas chaminés. Enquanto que, as medidas diretas, por sua vez, visam reduzir a quantidade de emissões através de equipamentos de controle (filtros, agentes químicos entre outros). Como por exemplo, os precipitadores eletrostáticos, filtros mangas, entre outros (BRAGA *et al*,2005).

E para se fazer a coleta ou controle da emissão de material particulado, alguns equipamentos são comumente utilizados, tais como:

Coletores mecânicos inerciais e gravitacionais, coletores mecânicos centrífugos (ciclones), precipitadores dinâmicos secos, filtro de tecido (filtro de mangas), precipitador eletrostático, torre de spray (pulverizadores), lavadores com enchimento, Separador ciclônico, lavador venturi e lavadores de gás, (MACHADO,2013).

Braga *et al* (2005) definem alguns desses equipamentos:

Precipitadores eletrostática: esse equipamento remove até 99,5% da massa total de particulado. O precipitador cria um campo eletrostático que carrega as partículas que estão presente nos gases, as quais são posteriormente atraídas por placas eletrizadas, ficando presas a elas (eletrodos).

Filtro manga ou de tecido: esse equipamento remove até 99,9% das partículas, incluindo as partículas finas. Nesse caso, os gases passam por filtros (sacos) de tecidos localizados em um grande edifício, periodicamente, os filtros são trocados para que o sistema não perca o rendimento necessário para coleta do MP.

Separador Ciclônico: esse equipamento remove de 50% a 90% das partículas grandes, mas muito pouco material médio e fino. Nesse caso, a fumaça é forçada a passar por um duto na forma de parafuso, e a perda de carga gerada permite a deposição do material, que é recolhida na base do equipamento (força centrífuga).

Lavadores de gás: esse equipamento remove até 90% das partículas com o diâmetro de até 1 micrometro, caso sejam utilizadas anteparas internas, além disso, ele remove de 80% a 95% do SO<sub>2</sub> e outros gases ácidos.

Todavia, é indispensável que após a implementação das medidas de controle, seja realizado monitoramento das emissões dos poluentes para que se tenha assegurada uma real efetividade das ações.

### **3.7.3 Métodos de Medição do Material Particulado**

Há vários métodos de amostragem e medição disponíveis para a coleta de material particulado ou aerossóis. No entanto, é necessário definir quais equipamentos e método específico adequa- se melhor aos objetivos de cada trabalho.

Para a realização da coleta do material particulado é necessário um procedimento que garanta uma medição significativa, uma vez que o particulados mais finos seguem as linhas de corrente.

Vesilind e Morgan (2011) descrevem que, a medição de particulados é, historicamente, feita utilizando-se um amostrador de grande volume, que como

aspirador de pó, forçando mais de 2.000m<sup>(3)</sup> de ar através de filtro durante 24 horas. Ainda sobre isso Vesilind e Morgan (2011) afirmam que, a análise realizada é a gravimétrica, onde o filtro é pesado antes e depois e a diferença é a quantidade de particulados coletados.

Com relação ao presente estudo, o mesmo utilizou para medição do material particulado o mesmo método do amostrador de grande volume. Além disso, esse método também é o indicado na NBR- 9547 de 1997, que trata do material particulado em suspensão no ar ambiente-determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume.

### **3.6.3 Aspectos Legais**

Os padrões de qualidade do ar e os padrões de emissões são estabelecidos através de legislação própria para garantir a qualidade do ar. Para Bianchini (2002) a legislação brasileira de qualidade do ar tem como referência as leis americanas elaborada por Environmental Protection Agency (EPA).

A prevenção e o controle da poluição atmosférica no Brasil são regidos pela Resolução CONAMA nº 05/89, de 15/06/89, a qual instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR).

A resolução CONAMA nº 3 de 28/06/1990, pertinente ao assunto, determina em seu artigo que:

Art.1º Considera como poluente atmosférico, qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que torne ou possa tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público, danosos aos materiais, à fauna, e à flora, ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Ainda sobre a Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/1990, no art. 3º aponta os valores desses padrões nacionais da qualidade do ar para material particulado, simultaneamente com os respectivos critérios para episódios agudos de poluição do ar como mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Padrões Nacionais de Qualidade do Ar para material particulado

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Padrão Secundário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Critérios para episódios agudos ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
				Atenção	Alerta	Emergência
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24h <sup>(1)</sup> MGA <sup>(2)</sup>	240 80	150 60	375	625	875
Partículas Inaláveis (PI)	24h <sup>(1)</sup> MAA <sup>(3)</sup>	150 50	150 50	250	420	500

Fonte: Adaptado, Resolução CONAMA nº 3/90

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano; (2) Média geométrica anual; (3) Média aritmética anual.

Já a Resolução nº. 382, de 2006, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas, onde os limites são fixados por poluente e por tipologia de fonte.

Dando continuidade, ao que já estava previsto na Resolução CONAMA nº. 382, de 2006, a Resolução CONAMA nº 436, de 22 de dezembro de 2011, regulamenta no art. 2º, no inciso I, II, III que:

Art. 2º Para o estabelecimento dos limites de emissão de poluentes atmosféricos foram observadas as seguintes premissas:

I - o uso do limite de emissões como um dos instrumentos de controle ambiental, cuja aplicação deve ser associada a critérios de capacidade de suporte do meio ambiente onde se encontra o empreendimento;

II - o estabelecimento de limites de emissão deve ter como base tecnologias ambientalmente adequadas, abrangendo todas as fases, desde a concepção, instalação, operação e manutenção das unidades bem como o uso de matérias primas e insumos;

III - adoção de tecnologias de controle de emissão de poluentes atmosféricos técnica e economicamente viáveis e acessíveis e já desenvolvidas em escala que permitam sua aplicação prática.

Também existem as normas técnicas específicas a respeito da qualidade do ar, que apresentam metodologias para a determinação da concentração total de partículas em suspensão no ar ambiente.

Como por exemplo a NBR- 9547 de Setembro de 1997, que tem como objetivo principal:

Especificar um método de ensaio para a determinação da concentração mássica de partículas totais em suspensão (PTS) no ar ambiente, em um período de amostragem determinado, utilizando um amostrador de grande volume (f'-GV). O processo de medição é não destrutivo e o tamanho da amostra coletada é geralmente adequado para posterior análise química.

Observa-se que, essas legislações foram criadas para tornar o desenvolvimento social e econômico do país compatível com preservação do meio ambiente, bem como, o equilíbrio da fauna e flora.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido na área urbana do município de Santarém, interior do Estado do Pará, situado na região norte do Brasil, na meso região do médio Amazonas como mostra a (Figura 5).

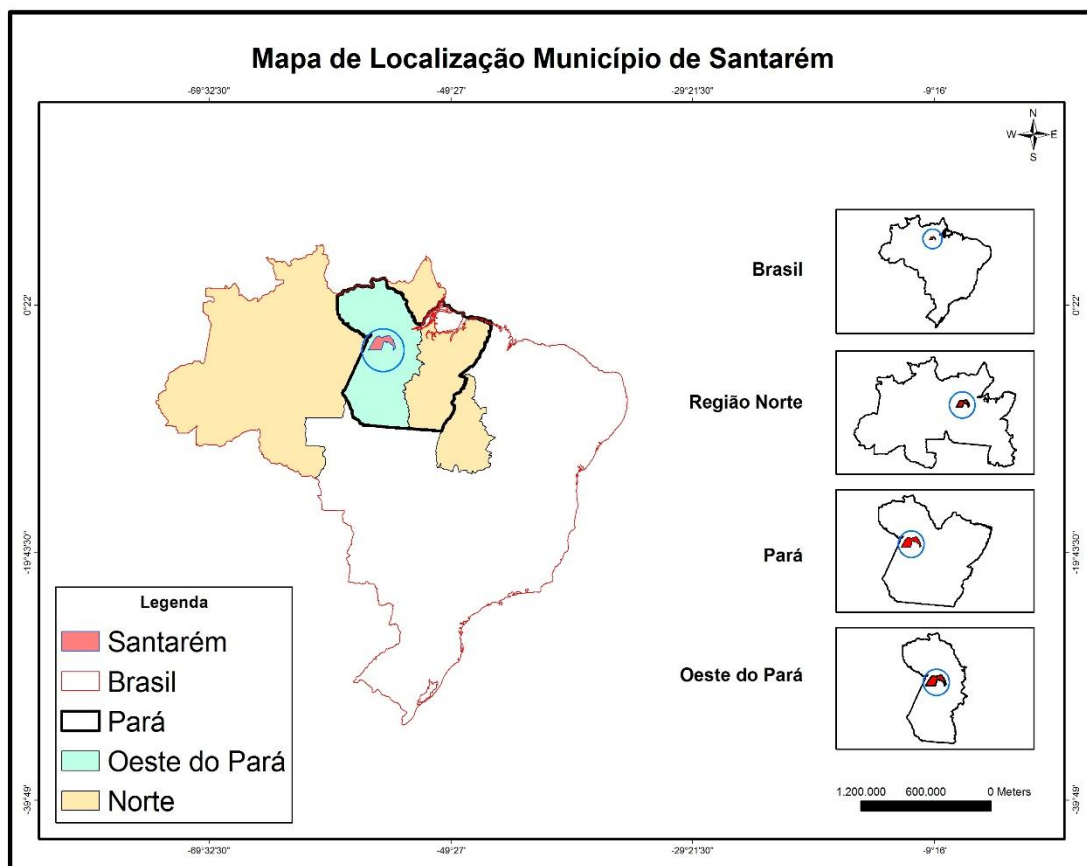


Figura 5: Mapa de Localização do Município de Santarém-Pa.  
Fonte: MARTINS, R.H.C.2017.

#### 4.1.1 Caracterização da Área

A microrregião de Santarém um centro polarizador da Região Oeste do Pará com uma área que abrange 722.358 km<sup>2</sup>, com uma população estimada em 294.447 habitantes (IBGE,2016). Abriga vinte e sete municípios e constitui-se em centro polarizador porque oferece melhor infraestrutura econômica e social, com escolas,

hospitais, universidades, estradas, portos, aeroporto, comunicações, indústria e comércio etc., e tem um setor de serviços mais desenvolvido (SEMMA\_CIAM,2013).

Está situada na margem direita do Rio Tapajós caracterizada como uma típica cidade ribeirinha da Amazônia, com as seguintes municípios limítrofes: ao norte os municípios de Óbidos, Curuá, Alenquer e Monte Alegre, dividindo com eles o leito do rio Amazonas; ao sul com os municípios de Aveiro, Belterra e Mojuí dos Campos; ao leste faz fronteira com os municípios de Prainha e Uruará, a Oeste com os de Juruti como apresentado na (Figura 6).

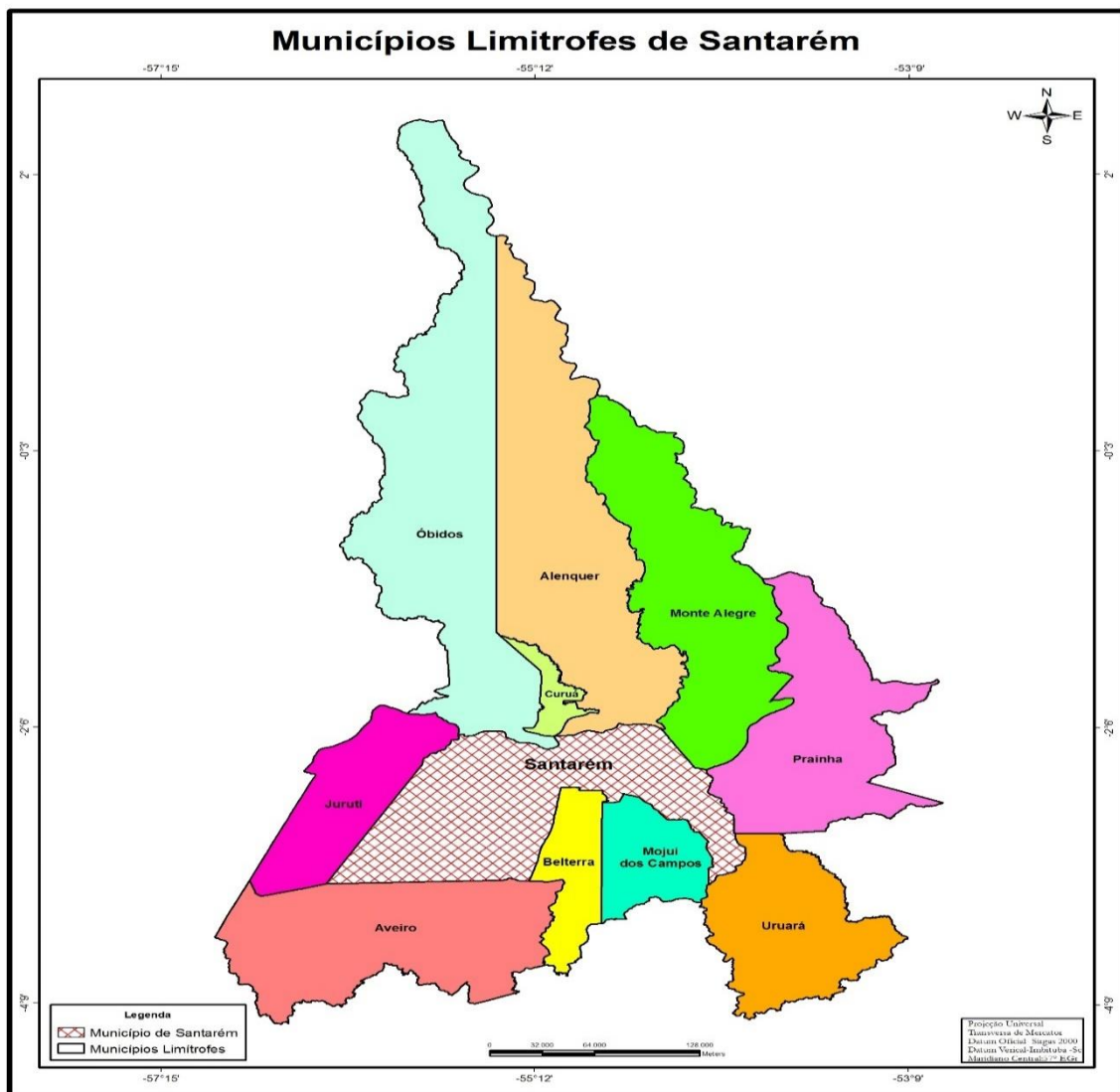


Figura 6: Mapa do município de Santarém e os municípios Limítrofes  
 Fonte: MARTINS, R.H.C.2017.

## 4.2 Tipo de pesquisa

O presente estudo iniciou-se com um pesquisa bibliográfica. Para Lakatos e Marconi (2001, p. 183), a pesquisa bibliográfica,

“[...] abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema estudado, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, materiais cartográficos, etc. [...] e sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto [...]”.

Seguidamente, foi realizada uma pesquisa experimental, que de acordo com Gil (2007) é aquela quando se determina um objeto de estudo, seleciona-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, define-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

## 4.3 Levantamentos de dados

O levantamentos de dados que norteiam a pesquisa dividiu-se em duas fases a seguir:

- **Primeira Fase:** Foi um levantamento aprofundado de informações de fontes primárias e fontes secundárias.

Para Libório e Terra (2015), exemplos de fontes primária, teses, normas técnicas, artigos, legislações, livros, os anais de congressos, as monografias, os relatórios técnicos, patentes, dissertações, etc.

Quanto às fontes secundárias, pode citar como exemplos bibliografias, os dicionários e enciclopédias, os manuais, as publicações ou periódicos de indexação e resumos e artigos de revisão (LIBÓRIO; TERRA, 2015).

Sendo que, foram selecionadas bibliografias compatíveis com o tema em questão, pois os mesmos apoiarão as afirmações e explicações a serem desenvolvidas.

- **Segunda Fase: Pesquisa Experimental**

A pesquisa experimental foi desenvolvida no laboratório de Química, localizado no bloco 16 do Campus Tapajós da Universidade Federal do Oeste do Pará, com a seguinte localização geográfica S- 02° 25' 7.32" e W-54° 44' 28.81", no espaço temporal de 22 de Agosto de 2016 a 24 de Fevereiro de 2017.

As principais etapas e procedimentos envolvidas na pesquisa experimental estão apresentadas esquematicamente na (Figura 7).

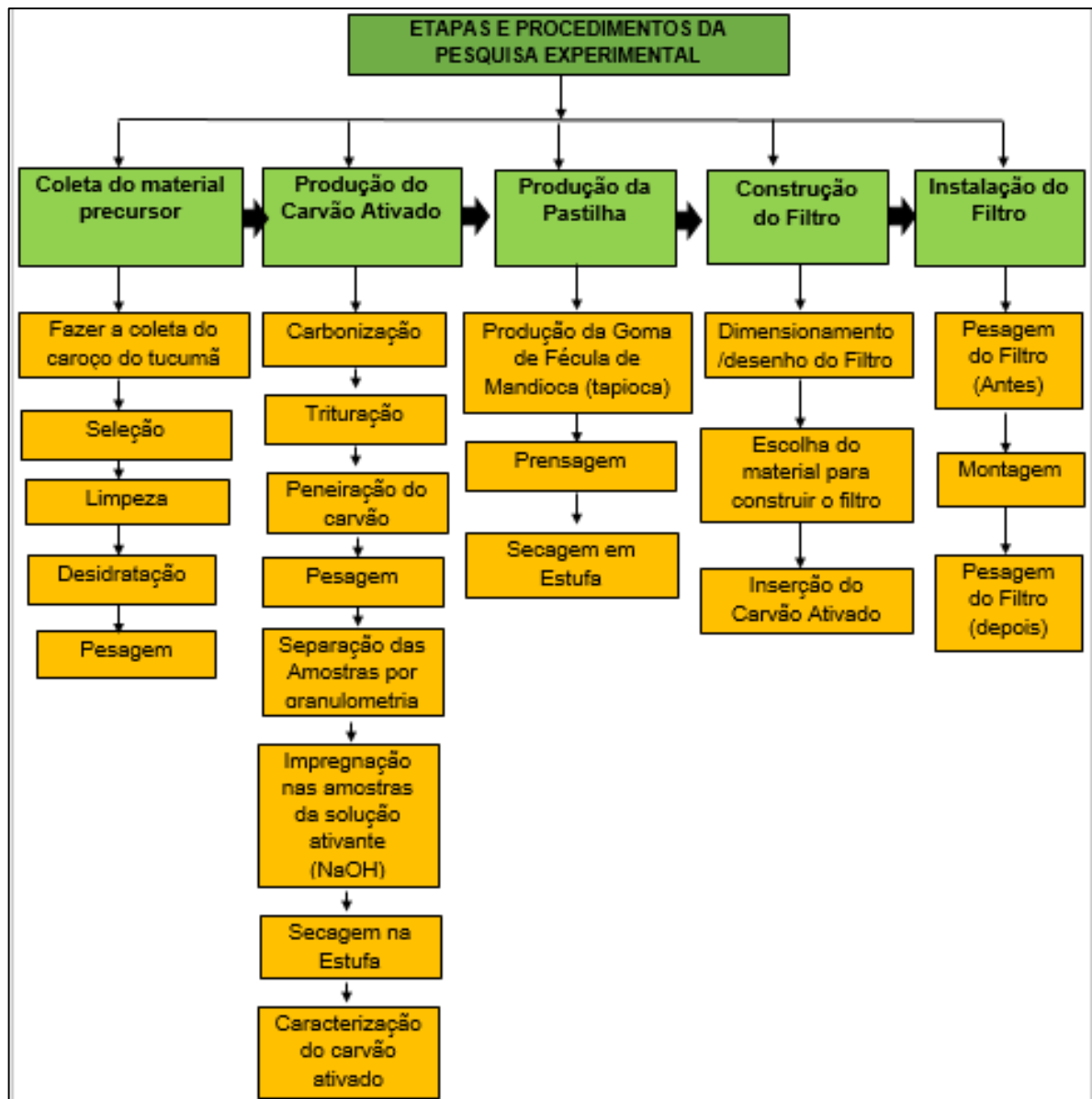


Figura 7: Esquema das Etapas e Procedimentos da Pesquisa Experimental.  
Fonte: Este estudo.

### 4.3.1 Coleta do Material Precursor

A coleta do material precursor (caroço de tucumã), foi realizada na Comunidade Suruacá que é uma das maiores comunidades da Reserva extrativista Tapajós Arapiuns- RESEX, situada às margens esquerda do Rio Tapajós e a margem direita do Rio Arapiuns (Figura 8), numa área total de 647,610,74 Há (PENA; HENRIQUES,2012).

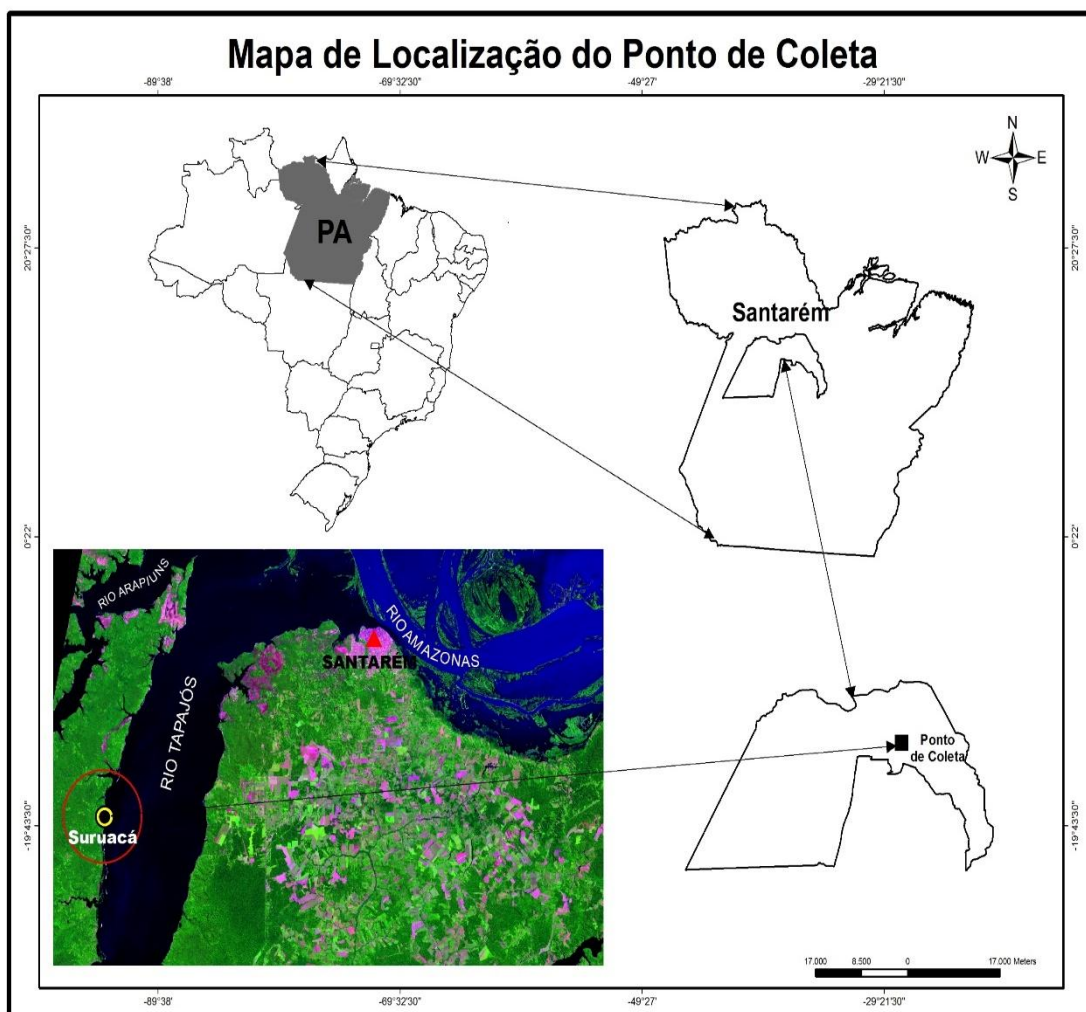


Figura 8: Mapa de Localização do Ponto de Coleta do Material Precursor.  
Fonte: MARTINS, R.H.C.2017.

Tanto para a coleta do material precursor (caroço tucumã), quanto para os outros procedimentos como, limpeza, secagem e pesagem foi necessário os seguintes materiais como mostra a tabela 4:

Tabela 4: Materiais utilizados nos procedimentos da coleta.

QUANTIDADE	TIPO DE MATERIAL	MODELO/PESO
1	Sacos	Raffe 50 kg e Sacos de 100 litros
1	Facão Terçado	Tramontina 16 Polegadas
1	Bacia	Plástica 34 litros;
1	Balança	Filizola CS-15
8	Papel	Oficio A4
8	Tijolos	PNG 6 furos

Fonte: Este estudo.

Subsequente ao procedimento da coleta do material precursor, veio processo de seleção e limpeza, pois os caroços foram coletados na própria floresta por isso apresentavam algumas impurezas em decorrência ao processo de decomposição natural do fruto. Então foi indispensável, fazer uma raspagem, logo após isso os mesmos foram colocados em uma bacia, então foram escovados e lavados com água corrente, posteriormente, fez –se desidratação do caroço com o auxílio de papel oficio A4 e tijolos em condições naturais durante o período de 2 dias e em seguida foi feita a pesagem com ajuda de uma balança (Figura 9).



Figura 9: A- Coleta do caroço; B- Raspagem do Caroço; C- Lavagem do Caroço; D- Desidratação do Caroço; E- Pesagem do Caroço.

Fonte: Este estudo.

### 4.3.2 Produção do carvão ativado

Para o processo da produção do carvão ativado, usou-se os seguintes materiais, como mostra a tabela 5:

Tabela 5: Materiais e produtos utilizados no procedimento da produção do carvão ativado

<b>QUANTIDADE</b>	<b>TIPO DE MATERIAL/PRODUTO</b>	<b>MODELO/PESO</b>
1	Lata	Tinta 18L
1	Liquidificador	Faet
1	Fogão	Barro
3	Peneira MESH	18 µm, 50µm e 200µm abertura
1	Balança semi-analítica	Uni bloc Max 6200g e min. 0,5 g
3	Béquer	Global Glass 2000ml , 250 ml e 100ml
1	Hidróxido de sódio (NaOH)	Super Brilho Plus
1	Água	250 ml
1	Estufa	Ethik
3	Vidro de Relógio	Formato Circular
2	Cadinhos	Porcelana
1	Bastão	Porcelana
1	Espátula	Inoxidável
1	Bandeja	Alumínio
1	PHmetro	Portátil/YSI
1	Suporte	Universal
3	Funis	Vidro
3	Papel filtro	103
3	Tubo de ensaio	Vidro
1	Suporte de tubo de ensaio	Plástico

Fonte: Este estudo.

Para produção do carvão do ativado foi utilizado 10 kg de caroço de tucumã, para isso utilizou-se os seguintes procedimentos:

#### a) Processo de Carbonização

Primeiramente, dividiu-se esses 10 kg de caroços em duas (02) amostras de 5 kg cada uma. Colocou-se então essas amostras em um recipiente de 18L, para o processo de carbonização, onde foram submetidos às condições de alta temperatura acima de 600°C em um ambiente desprovido de oxigênio, usando um fogão de barro para fazer esse processo por um período de duas horas. E para saber quando o carvão estaria pronto, usou-se a seguinte método, fez-se um furo de 4 cm de diâmetro na tampa do recipiente e observou-se, quando o processo da queima se interromperia (emissão fumaça) isto indicaria que os caroços estavam incinerados e o carvão estaria pronto (Figura 10).



Figura 10: A- Recipiente de 18L; B- Processo de Carbonização; - C- Caroço de Tucumã já carbonizado.

Fonte: Este estudo.

#### b) Processo de Trituração e peneiração

Para o processo de trituração e peneiração do carvão, utilizou-se um liquidificador, cadinho com um bastão e 03 (três) peneiras tipos MESH (nº 18,50 e 200µm), para análise da granulometria.

O procedimento de análise da granulometria do carvão ativado, deu-se da seguinte forma: para análise granulométrica do carvão ativado pulverizado (CAP) e carvão ativado granular (CAG). Usou-se um cadinho com um bastão e macerou-se o carvão por aproximadamente 10 minutos. Posteriormente, colocou-se esse carvão na peneira de 18 $\mu$ m de abertura e peneirou-se o carvão. O carvão restante foi colocado no liquidificador e triturado por 5 minutos. Em seguida, peneirou-se esse carvão na peneira de 50 $\mu$ m e o carvão restante foi novamente triturado no liquidificador e peneirado em um peneira de 200 $\mu$ m para obtenção do carvão ativado pulverizado (Figura 11).



Figura 11: A-Trituração no Liquidificador; B- Peneiração do Carvão na peneira MESH; C- Carvão com granulometria  $>18\mu\text{m}$ ; D- Carvão com granulometria  $>50\mu\text{m}$ ; E- Carvão com granulometria 200 $\mu\text{m}$ .  
Fonte: Este estudo.

### c) Procedimento de ativação química

Para o ensaio da ativação química, foi necessário fazer a separação de amostras das 03 (três) granulometrias diferentes e, para tal procedimento utilizou-se uma balança semi-analítica (Figura 12).

Procedimento da Ativação química das amostra, ocorreu da seguinte maneira:

Primeiramente, pesou-se uma amostra de 3 kg de carvão com granulometria = 18 $\mu$ m em uma bandeja de alumínio. Em seguida, fez-se a solução ativante, pesando-se 120g de do agente ativante hidróxido de sódio (NaOH) pureza de 96%. Para isso foi necessário um béquer 250 mL, com uma tara de 102,21g, logo após, mediu-se 1100 mL de água em outro béquer em seguida adicionou o agente ativante e mexeu-se com ajuda de uma espátula até a solução se dissolver.

Seguidamente, pesou-se 375g do carvão de granulometria =50 $\mu$ m em um béquer de 2000mL com uma tara de 503,95g, onde pesou-se 15g de hidróxido de sódio (NaOH) em outro béquer de 250 mL e foi acrescentado 200 mL de água

E por fim, pesou 500g do carvão de granulometria =200 $\mu$ m em um béquer de 2000mL e após isso pesou-se 20g de hidróxido de sódio (NaOH), em outro béquer de 250mL, onde foi acrescentado 250 mL de água.

Após isso, essa solução ativante foi adicionada em todas as amostras de carvão até formar uma massa homogênea, logo após esse material ativante ficou em contato o material precursor por 24h. Em seguida, essas amostras de carvões foram colocadas em estufa por período de 24h em uma temperatura de 50°C.

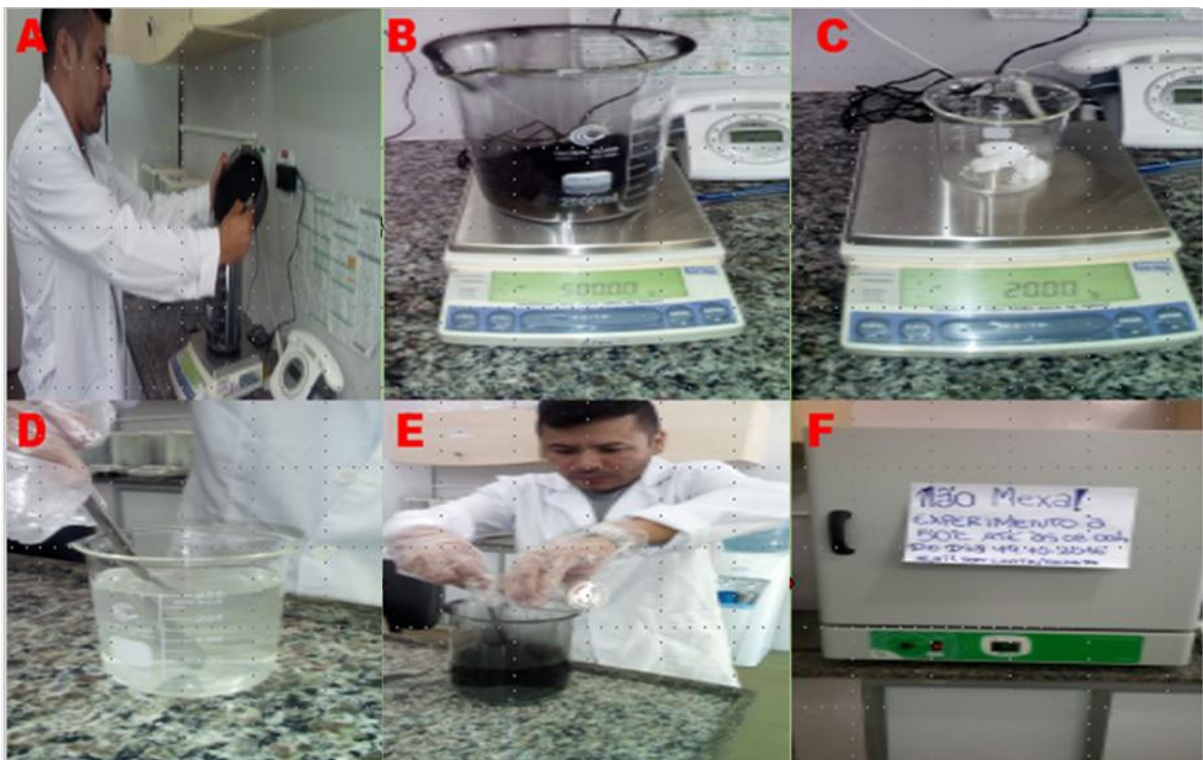


Figura 12: A- Pesagem da amostra do carvão; B- Peso da amostra do carvão a ser ativada- Peso do Agente ativante NaOH; D- Solução ativante; E- Impregnação da amostra de carvão em solução ativante; F- Secagem da amostra na Estufa.

Fonte: Este estudo.

**d) Procedimento para caracterização do carvão ativado**

Esse procedimento foi necessário os seguintes materiais como apresentado na tabela 6 e dividiu-se em 3 (três) etapas a seguir (Figura 13):

**1º Etapa: Teste da porosidade**

As características estruturais da superfície do CA foram verificadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e na lupa.

**2º Etapa: Teste do pH**

A análise do pH dos carvões foi realizada conforme adaptação da norma AST- D3838/80. Foram pesados 5g de cada amostra de carvão em béqueres de 100ml e em seguida adicionado 50ml de água destilada. As amostras foram aquecidas e mantidas em ebulição por 2 minutos, após a fervura as suspensões foram filtradas com auxílio de funil e papel filtro em tubos de ensaio. Logo após isso, foram deixadas em repouso para resfriar em temperatura ambiente e pH foi medido com auxílio de pHmetro portátil calibrado. As amostras que passaram pelo tratamento químico foram lavadas, para desobstrução dos poros, e com água deionizada até o ajuste de pH.

**3º Etapa: Teste de adsorção**

Para o teste de adsorção, foram usadas amostras de sucos artificiais em pó tipo A e B, cada amostra de suco foi diluído em béqueres de 600mL com 400mL de água bruta. Esses sucos forma divididos em seis amostras de 100mL, sendo que, as 2 primeiras amostras eram com o suco sem adição de CA, as 2 seguintes com suco tipo A e as 2 ultimas com sucos do tipo B. Nessas amostras, foram diluídos 5g de massas de CA de granulometria de abertura 18 $\mu$ m e de granulometria de abertura 50 $\mu$ m em béqueres de 200mL, logo após, essas amostras de CA permaneceram em contato com suco por 30 minutos, em seguida as mesmas foram filtradas em seis erlenmeyer com auxílio de um funil e papel filtro. Onde primeiramente, filtrou-se a amostra que estava somente o suco, e depois foram filtradas as 4 amostras restantes. Para confirmar se as amostras do CA realizaram o processo de adsorção, as mesmas foram pesadas antes do contato com suco, depois do contato com suco e depois foram filtradas as 4 amostras restantes. Para confirmar se as amostras do

CA realizaram o processo de adsorção, as mesmas foram pesadas antes do contato com suco, depois do contato com suco e depois da secagem na estufa de 100°C.

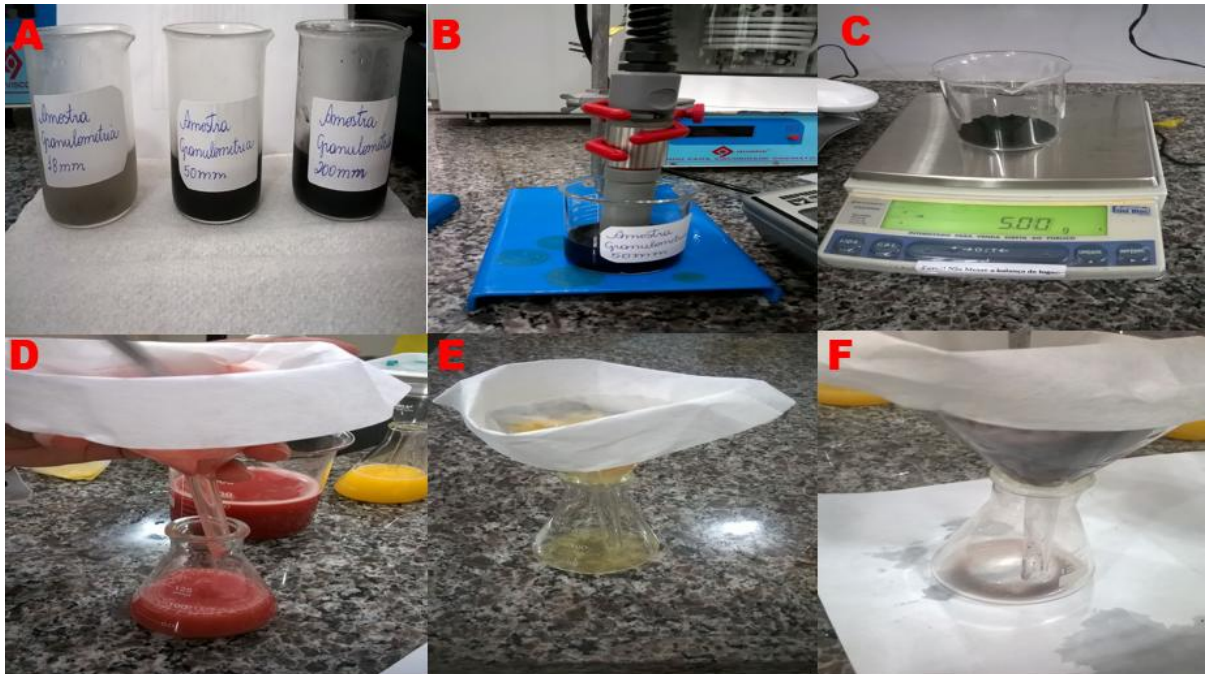


Figura 13: A- amostras do CA para análise do pH; B- pH sendo analisando; C- Pesagem do carvão para análise da adsorção ; D- Filtragem do Suco sem CA; E- Filtragem do suco com CA de 18µm; F- Filtragem do suco com CA de 50µm.

Fonte: Este estudo.

### 3.4.3 Produção das Pastilhas

Para produção das pastilhas, utilizou-se os seguintes materiais como mostra a Tabela 06.

Tabela 6: Materiais e produtos utilizados no procedimento da produção das pastilhas.

QUANTIDADE	TIPO DE MATERIAL / PRODUTOS	MODELO / PESO
3	Béquer	600 e 200 ml
1	Prensa	Manual
1	Manta aquecedora	MA-1
1	Espátula	Inoxidável
3	Suporte	Madeira com zinco de 100mm
3	Fôrma	Tampa de tubo de PVC 100mm
1	Balança semi-analitica	Uni bloc
1	Sebo de Holanda	Vela

Fonte: Direta.

Para produção das pastilhas foi necessário 411 g de carvão ativado pulverizado e 25g de fécula de mandioca e 300 mL de água para fazer a goma de tapioca. Deste modo, utilizou-se o seguinte procedimento (Figura 14):

Primeiramente, fez-se a goma de tapioca, no qual pesou-se em uma balança semi-analítica 25g de fécula de mandioca em um béquer de 100mL e em seguida adicionou essa fécula em 300mL de água em um béquer de 600mL com uma tara de 181,14 g e logo após isso, colocou-se essa mistura em uma manta aquecedora por aproximadamente 20 minutos até ganhar uma consistência de cola.

Ato contínuo a esse, pesou-se uma amostra de 250 g, em seguida, pesou-se mais uma amostra de 161g de carvão ativado pulverizado. Após isso, colocou-se essa amostra de 411g de CAP em um béquer de 600 mL e acrescentou-se 150mL de goma de tapioca nas amostras, sendo que, em cada uma delas foi adicionada 50mL, onde homogeneizou-se até uma mistura de aparência pastosa.

Sucessivamente a isso, usou-se três fôrmas de tubo de PVC untadas por vela de sebo de Holanda aquecida em fogo por dois minutos com um pouco de óleo de cozinha, posteriormente, colocou-se as três amostras nas fôrmas com 137g de CAP cada uma, feito isso, colocou-se sobre esse carvão um suporte de madeira de 100mm revestido de zinco com furadores de ferro com diâmetro de 3mm e 1mm, porém, apenas duas tinham esses furadores e uma não continha os mesmos. Depois disso, levou-se essas fôrmas, já com tampa, para prensar em uma prensa manual. Em seguida, essas pastilhas foram para processo de secagem na estufa por período de 36h em uma temperatura de 60°C. Esse procedimento foi realizado para as outras seis pastilhas.

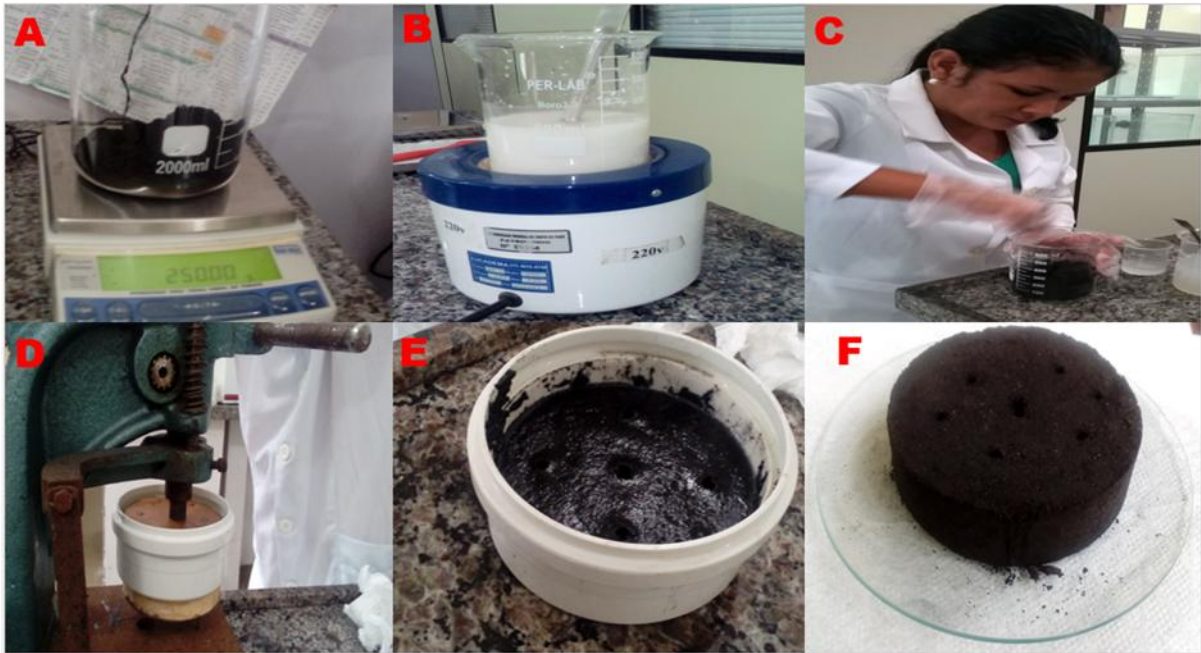


Figura 14: A- Pesagem da amostra do carvão; B- Produção da goma de tapioca; C- Preparação da mistura para a produção da pastilha; D- Prensagem da pastilha; E- Pastilha prensada; F- Pastilha pronta.

Fonte: Este estudo.

### 3.4.5 Construção do filtro

Para construção do filtro como apresentado na figura 14, foram utilizados os seguintes materiais, como mostra a Tabela 7:

Tabela 7: Materiais ou produtos utilizados na construção do filtro.

QUANTIDADE	TIPO DE MATERIAL/PRODUTO	MODELO/MEDIDAS
6	Cilíndricos	Zinco de 150mm/50cm 100mm/30cm
9	Telas de Zinco	10mm
9	Pastilha de Carvão Ativado	Cilíndrica
2,4 kg	Carvão Ativado	Granular

Fonte: Este estudo.

Para a montagem de um filtro foram utilizados dois cilindros de zinco.

O primeiro cilindro com 150mm de diâmetro por 50cm de comprimento e outro com 100mm de diâmetro por 30cm de comprimento, sendo que, este último foi perfurado em toda sua extensão com furos de 10mm de espessura. No cilindro de 150mm, foram adaptadas tampas com reduções. Na parte inferior por onde o material particulado teve acesso ao filtro, existia uma redução de 100mm de

diâmetro por 15cm de comprimento. Já, na parte superior por onde o material particulado foi expelido já filtrado, havia uma redução de 80mm de diâmetro por 10cm de comprimento.

O cilindro interno do filtro de 100mm de parede perfurada, onde ficou as pastilhas de carvão ativado, em um total de três. Foi fixado na tampa superior do filtro de forma que de estabilidade; sua extremidade inferior ficou aberta. Essas pastilhas tiveram o suporte de uma tela de zinco de 10mm de diâmetro, fixada junto aos furos do cilindro dando sustentação as mesmas. O espaço entre as pastilhas foi preenchido com 800g de carvão ativado granular. Para montagem dos 2 outros filtros usou-se esses mesmo procedimento.

### **3.4.6 Instalação e teste do filtro**

O filtro já montado, foi instalado em uma carvoaria localizada no bairro no do Saubal, exposto a uma temperatura acima de 600°C, sendo necessário alguns ajustes e adaptações durante a instalação.

Para a realização do teste no filtro, afim de confirmar se ele era eficiente na retenção do material particulado a qual foi submetido, o presente estudo utilizou para medição do material particulado o método da pesagem, conforme a norma de análise da NBR- 9745-1997- “Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume”. Neste tipo de método o material particulado é succionado através de um filtro por um período determinado de 24 horas.

No experimento utilizado como parâmetro o peso do filtro antes e após a instalação aconteceu da seguinte maneira, após o filtro montado, foi pesado separadamente o filtro do suporte externo, utilizando uma balança semi-analitica, em seguida foi acoplado ao suporte e instalado na carvoaria, ficando exposto por um período de 24 horas. Com o término desse tempo, o filtro foi desinstalado, retirado do suporte, e levado novamente para ser pesado. Repetiu-se esse teste experimental por mais 3 vezes no mesmo local.



Figura 15: A- B- Etapas da montagem do filtro; C- Filtro Montado; D- Instalação do Filtro na Carvoaria; E- Filtro instalado.  
Fonte: Este estudo.

### 3.4.7 Fórmula para calcular a eficiência do filtro

Para calcular o percentual de retenção de material particulado por um período de 24 horas, utilizou-se o seguinte fórmula:

$$\text{Valor da diferença} * 100 / \text{Peso inicial} =$$

E, para calcular a eficiência do filtro em termos de redução da emissão do material particulado, usou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Peso inicial} * 100 / \text{Peso final} =$$

### 3.4.8 Tratamento estatístico

Para realizar o tratamento estatístico os dados serão digitados e em seguida foi realizada a tabulação utilizando o Software Microsoft Office Excel 2013 e logo após isso, foram elaborados tabelas e gráficos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção do carvão ativado tendo como material precursor o caroço de tucumã teve um rendimento satisfatório, onde o material precursor bruto teve peso de 12,5 kg e depois do processo de limpeza passou a pesar 10 kg e depois de carbonizado esse peso diminui para 4,20 kg (Tabela 8).

Tabela 8: Rendimento do Carvão ativado do caroço de tucumã

Tipo	MATERIAL PRECURSOR (Kg)		
	Bruto	Limpo	Carbonizado
Caroço de Tucumã	12,5	10	4,20

Fonte: Este estudo.

De acordo com os resultados demonstrados na Tabela 8, o caroço do tucumã como material precursor para produção do carvão ativado é muito rentável, uma vez que, a diferença do peso bruto para o limpo do material precursor é de 2,5 kg. Todavia, após a carbonização essa diferença de peso aumentou para 5,8Kg a menos, relaciona-se essa diferença à características do produto, em razão de, o caroço do tucumã possui uma amêndoa de massa branca e oleaginosa que quando submetido a pirolise parte essa alta oleosidade é volatizada e devido a isso o peso do material precursor diminui consideravelmente. Essa afirmação corrobora com a descrição de Silva (2006) que descreve que o caroço de tucumã uma amêndoa de onde é extraído um óleo muito usado em indústrias farmacêutica, cosmética e química.

Além disso, observou-se que o carvão ativado produzido do material precursor apresentou uma boa qualidade, eficiência e vantagens no que diz respeito ao baixo custo em sua preparação e por isso foi possível produzir carvão ativado de diferentes tamanhos de granulometria, como mostra a Tabela 9 e Figura 17.

Tabela 9: Amostra de carvão ativado de diferente granulometria

IDENTIFICAÇÃO	TIPO DE CARVÃO ATIVADO	GRANULOMETRIA
Amostra 1	CAP	200 $\mu$ m
Amostra 2	CAG	50 $\mu$ m
Amostra 3	CAG	18 $\mu$ m

Fonte: Direta.

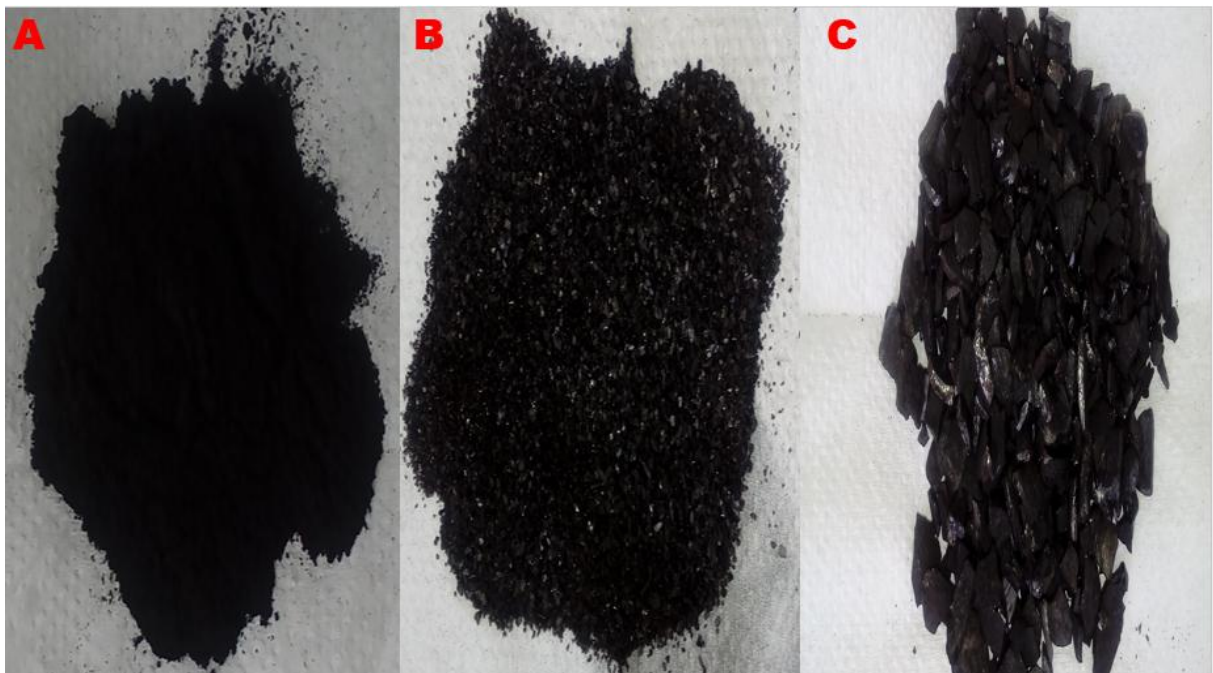


Figura 16: A- CAP com granulometria do tamanho de 200 $\mu$ m; B- CAG com granulometria do tamanho de 50 $\mu$ m; C- CAG com granulometria do tamanho de 18 $\mu$ m.

Fonte: Este estudo.

Como observar-se, tanto na Tabela 9, quanto na Figura 17 que através do carvão ativado produzido a partir do caroço de tucumã pode ser feito vários tipos e granulometria de carvão ativado e para diversos de tipos de tratamento. Todavia, o carvão ativado pulverizado tem que obedecer a NBR-11834:1991 que determinar as especificações do carvão ativado pulverizado. Neste sentido, o carvão ativado pulverizado utilizado nesse estudo tem a granulometria com o tamanho de abertura >200 $\mu$ m obedecendo assim a norma.

A respeito caracterização do carvão ativado, fez-se as análises da porosidade, do pH e da adsorção com objetivo de avaliar a eficiência do carvão.

### a) Análise da porosidade

Sobre a estrutura da superfície do carvão ativado com hidróxido de sódio (NaOH), analisou-se 03 (três) amostras da carvão ativado de diferentes granulometrias, como apresentado na Figura 18.

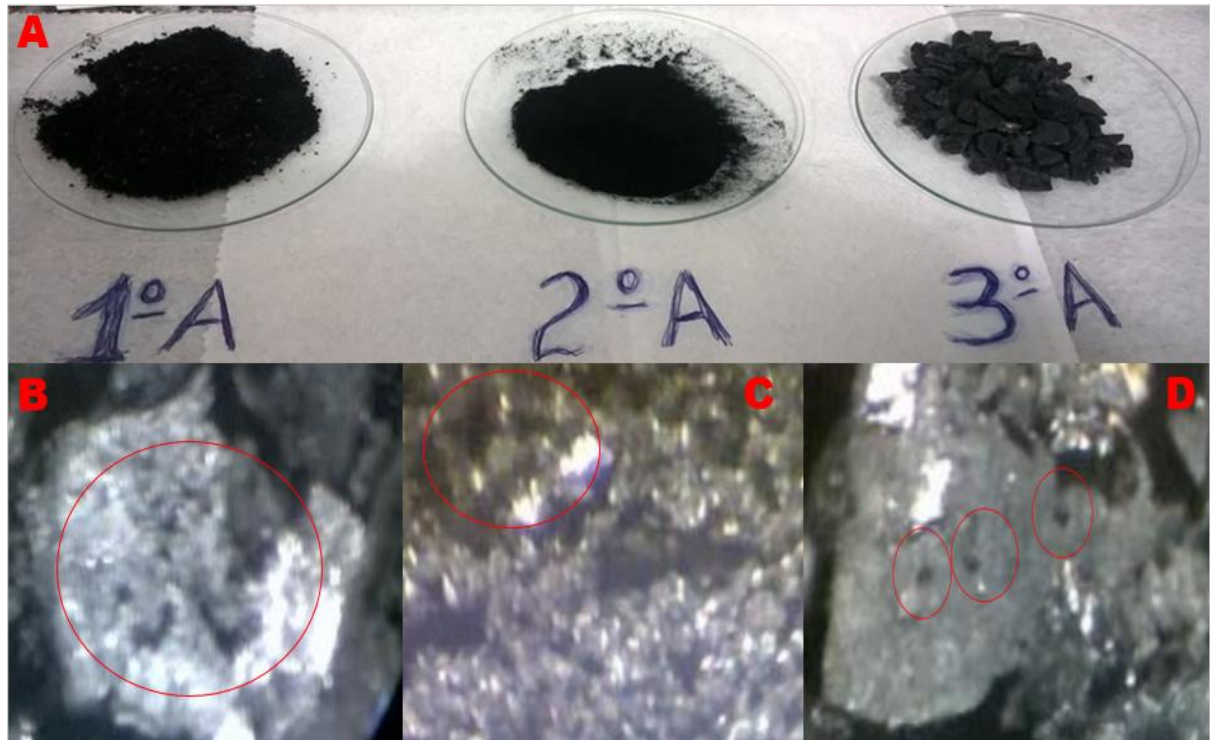


Figura 17: A- 3 amostras para ser analisada; B- Análise da porosidade do CA de granulometria > 50µm; C- Análise da porosidade do CA de granulometria < 200µm; D- Análise da porosidade do CA de granulometria >18µm.

Fonte: Este estudo.

Analisando a Figura 8, percebe-se que com a carbonização e ativação química com hidróxido de (NaOH) houve um aumento do diâmetro dos poros, bem como, a formação de novos poros o que é desejável para o processo de adsorção. Nesse contexto, Rubim (2015) afirma que, as paredes dos poros proporcionam uma camada superficial de moléculas de carbono essenciais para a adsorção.

Quanto a classificação dimensão dos poros, pode-se dizer que esses poros presentes nas amostras são considerados microporos e mesoporos na granulometria > 50µm. Para Costa (2007) o carvão é por natureza um material microporos. Embora estes poros confirmam alta área superficial, o diâmetro é muito pequeno, deixando os poros inacessíveis para diversos tipos de moléculas com tamanhos maiores. Todavia esse tipo de dimensão é eficiente para adsorção de

gases, partículas e solventes, portanto para o presente estudo esse tipo de dimensão estar excelente. No entanto, o mesoporos de acordo com Claudino (2003), são importantes adsorvedores de moléculas de corantes.

## b) Análise do pH

Os resultados da análise do pH das 3 amostras foram os seguintes: na amostra do carvão ativado de granulometria  $< 200 \mu\text{m}$  o pH é 6,90 em uma temperatura de  $25,6^\circ$ , na amostra do carvão ativado de granulometria  $> 50\mu\text{m}$  o pH é 7,81 em uma temperatura de  $25,7^\circ$  e a amostra do carvão ativado de granulometria  $> 18\mu\text{m}$  o pH é 9,24 em uma temperatura de  $25,8^\circ$  (Tabela 10) e Figura 19.

Tabela 10: Análise do pH das amostras do carvão ativado

CARVÃO ATIVADO			
IDENTIFICAÇÃO	TIPO DE CA	pH	TEMPERATURA
Amostra 1	CAP	6,90	$25,6^\circ$
Amostra 2	CAG	7,81	$25,7^\circ$
Amostra 3	CAG	9,24	$25,8^\circ$

Fonte: Este estudo.

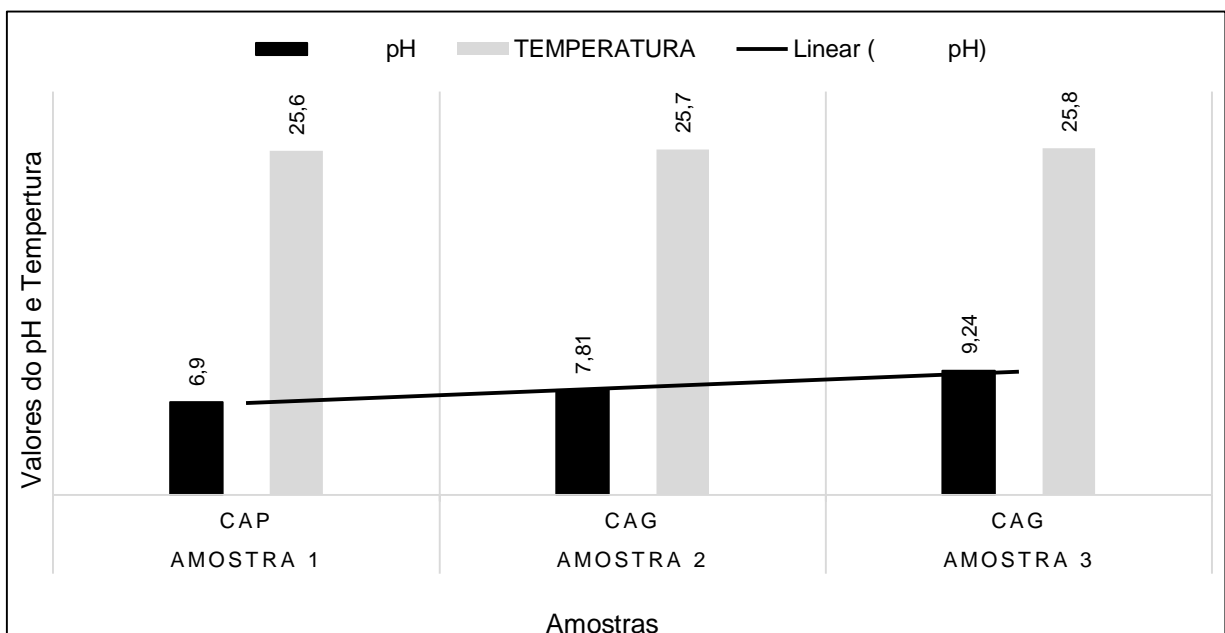


Figura 18: Análise do pH de cada amostra do carvão

Fonte: Este estudo.

Como observa-se, o valor do pH da amostra 1 é um pH levemente ácido. Enquanto que, valor do pH da amostra 2 é um pH levemente alcalino e o valor do pH da amostra 3 é um pH alcalino. É notável, que da amostra 1 a amostra 3 o pH tem um significativo aumento como indica a linha de tendência.

Quando se trata de carvão ativado o pH é um parâmetro muito importante, uma vez que, o mesmo pode alterar o processo de adsorção. Vale ressaltar que, valor do pH (ácido, neutro e básico) estar diretamente relacionado ao processo do tipo de tratamento que o mesmo recebeu. Sobre tal assunto, Jaguaribe et al (2005, apud Mangueira,2014) diz que, natureza ácida ou básica de um carvão ativado depende de sua preparação e de grupos químicos ligados na sua superfície, bem como o tipo do tratamento que foi submetido

### c) Análise da Adsorção

A análise da adsorção indica que a granulometria que mais conseguiu a adsorver moléculas de corantes foi a de granulometria > 50 $\mu$ m um total de 12,93 g depois da filtração e 10,57g de depois secagem, com uma diferença de apenas 2,36 g (Tabela 11 e Figura 20 e 21).

Tabela 11: Análise da adsorção de acordo com a granulometria.

Amostras	QUANTIDADE/PESO (g)		
	Carvão antes da filtração	Carvão depois da filtração	Carvão depois da secagem
>18 $\mu$ m-laranja	5	7,01	6
>50 $\mu$ m-laranja	5	12,93	10,57
>18 $\mu$ m- morango	5	7,5	6,05
>50 $\mu$ m –morango	5	10,56	8,46

Fonte: Este estudo

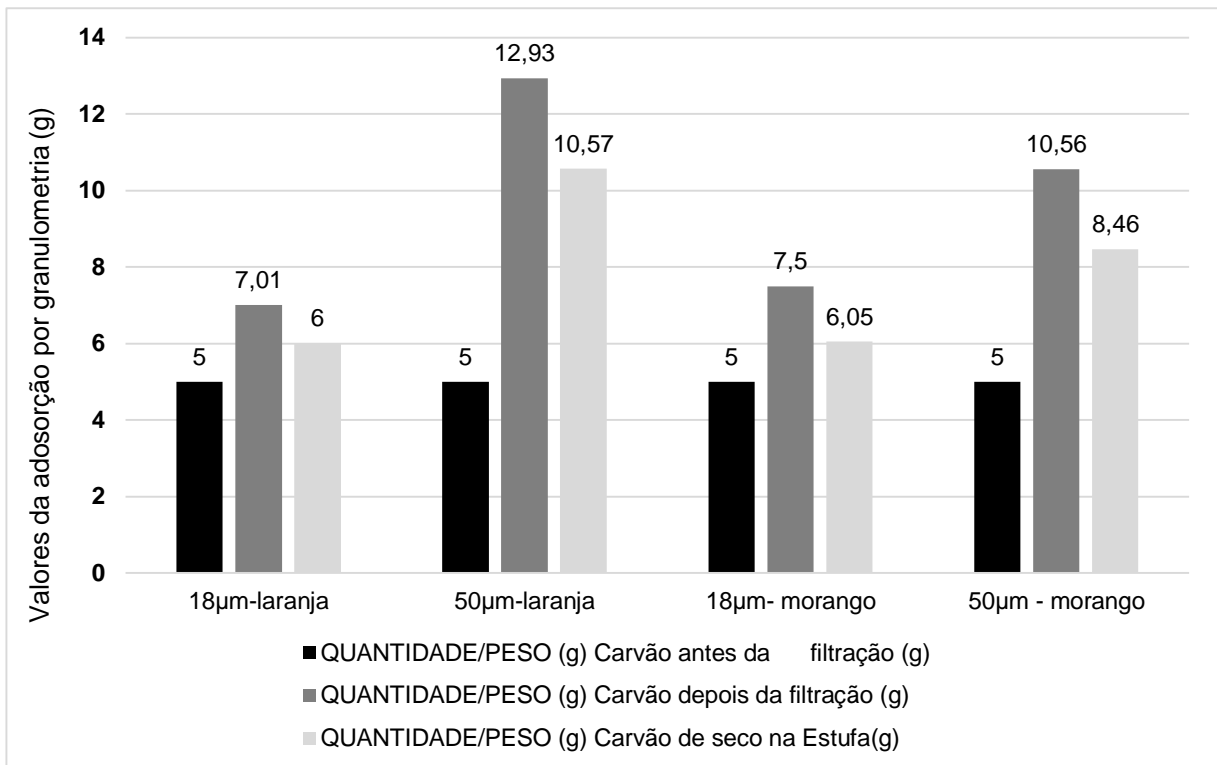


Figura 19: Análise da adsorção  
Fonte: Este estudo.



Figura 20: A- Resultado das amostra antes e depois da filtração do sabor morango; B- Resultado das amostra antes e depois da filtração do sabor laranja.  
Fonte: Este estudo.

Percebe-se que, depois da processo da filtração o peso aumentou das amostras aumento e que não diminui significadamente depois da secagem na estufa e depois da secagem na estufa como é o caso do carvão ativado de granulometria  $>50\mu\text{m}$  que fez uma adsorção bem significativa de moléculas de corantes e isso

pode estar relacionado à essa amostra ter o valor pH levemente alcalino na faixa de 7,81, bem como, os poros da mesma ser considerado mesoporos, uma vez que esse tipo de porosidade tem como finalidade fazer a adsorção desse tipo de moléculas. Para tanto, observa-se por meio da Figura 21 que intensidade coloração do suco diminuiu após ser adicionado as amostras do carvão ativado, tanto no suco de sabor morango, quanto no sabor de laranja. Então, isso demonstram que ocorreu sim o processo de adsorção de algumas moléculas corantes em sua superfície poroso do carvão e que o carvão é eficiente.

Com relação a produção das pastilhas à base de carvão ativado com goma de tapioca, pode-se afirmar que sua produção é viável, além de apresentar permeabilidade e resistência a altas temperaturas (Figura 22).



Figura 21: Pastilha à base de carvão ativado com goma de tapioca antes do uso no filtro  
Fonte: Este estudo.

Como nota-se, a pastilha de carvão ativado é bem compacta e com ótima estrutura, mesmo tendo como um dos componentes a fécula de mandioca matéria

prima da goma de tapioca essa pastilha apresentou uma boa permeabilidade e eficiente para altas temperaturas como mostra a (Figura 22).



Figura 22: Pastilha à base de carvão ativado de goma de tapioca depois do experimento com o filtro.  
Fonte: Este estudo.

Nota-se que, mesmo a pastilha ter sido submetida a temperatura acima de 600°, a mesma não se desestruturou e isso só corrobora com a afirmação de que ela é mesmo eficiente.

Já a construção do filtro para redução da emissão de materiais particulados de baixo custo é viável, quando se busca reaproveitar as matérias primas já existente na nossa região como por exemplo o caroço do tucumã. Para a produção do filtro de carvão ativado a base do caroço do tucumã (Figura 24) e alguns custos foram necessários, como apresentados (Tabelas:12,13,14,15):

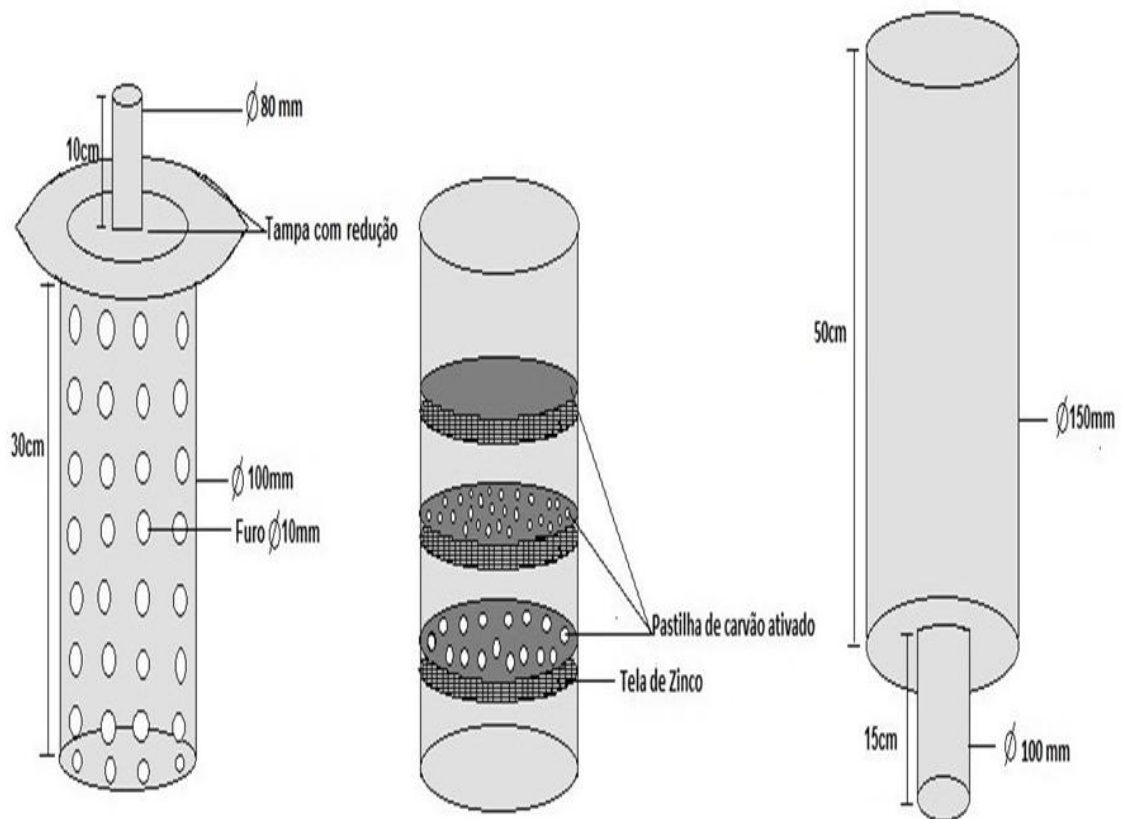


Figura 23: Esquema do filtro  
 Fonte: CARVALHO, R.N. 2017.

Tabela 12: Produção do carvão

MATERIAIS	QUANTIDADE (Kg)	VALOR (R\$)
Coleta do caroço	12,5	40
Transporte do caroço	1	30
Queima do caroço	1	30
<b>Total</b>	<b>=</b>	<b>100</b>

Fonte: Este estudo.

Tabela 13: Elaboração da pastilha

<b>MATERIAIS</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>VALOR (R\$)</b>
Fôrma de tubo PVC	3 unid.	21,00
Fécula de mandioca	1 kg	7,00
Desmoldante	10 ml	1,00
	Total	= 29,00

Fonte: Este estudo.

Tabela 14: Produção do filtro

<b>MATERIAIS</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>VALOR (R\$)</b>
Suporte do filtro	1 unid.	150,00
Tela de zinco	0,5m	12,00
	Total	= 162,00

Fonte: Este estudo.

Tabela 15: Custo final

<b>ETAPAS</b>	<b>VALOR FINAL (R\$)</b>
Produção do carvão	100,00
Elaboração da pastilha	29,00
Produção do filtro	162,00
Total	= 291,00

Fonte: Este estudo.

Como observa-se nas tabelas, os valores dos produtos utilizados na produção do filtro a base de carvão ativado do caroço do tucumã, demonstraram que o custo final relativamente viável no valor de 291,00. No custo de cada etapa foi especificado somente os produtos utilizado, não levando em consideração a mão de obra. O valor final do filtro poderia ainda ser ajustado a um valor menor, sendo que o material utilizado como matéria-prima, o caroço do tucumã encontra-se em grande abundância na região de estudo podendo ser adquirido em grande escala, além de outros materiais que poderiam ser reaproveitados.

Comparado a outros filtros utilizados no tratamento do material particulado do ar (filtros ciclones, filtro manga), com custo acima de 3.000,00 reais, o filtro de carvão ativado do caroço de tucumã se apresenta como uma solução sustentável e viável para o seguimento com custo total de produção de 291,00 reais.

Para obter dados para avaliar a eficiência do filtro, pesou-se os materiais antes e após o experimento (Figura 24).



Figura 24: A- Pesagem do filtro antes do 3º experimento; B- Pesagem do Filtro depois do 3º experimento.

Fonte: Este estudo.

#### d) Filtro

Os valores referentes ao peso do filtro à base de carvão ativado do caroço do tucumã, utilizado no experimento da retenção de material particulado estão representados nas tabela 16 e figuras 25, 26 e 27 abaixo.

Tabela 16: Peso do Filtro de Carvão Ativado Utilizado Antes e Após os Experimentos.

FILTRO	PESO (g)	DIFERENÇA (g)	(%)
<b>Primeiro Experimento</b>			
Antes do experimento	1449,42	18,18	1,24%
Depois do experimento	1467,60		
<b>Segundo Experimento</b>			
Antes do experimento	1474,42	20,14	1,35%
Depois do experimento	1494,56		
<b>Terceiro Experimento</b>			
Antes do experimento	1488,41	24,21	1,62%
Depois do experimento	1512,62		

Fonte: Este estudo.

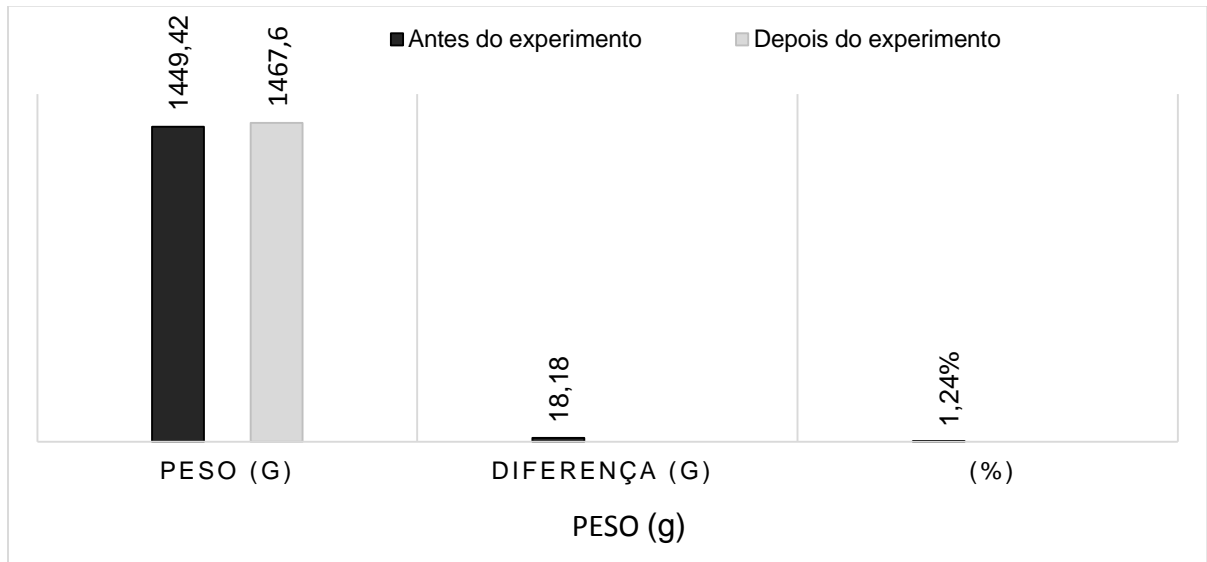


Figura 25: 1º Experimento do Filtro

Fonte: Este estudo.

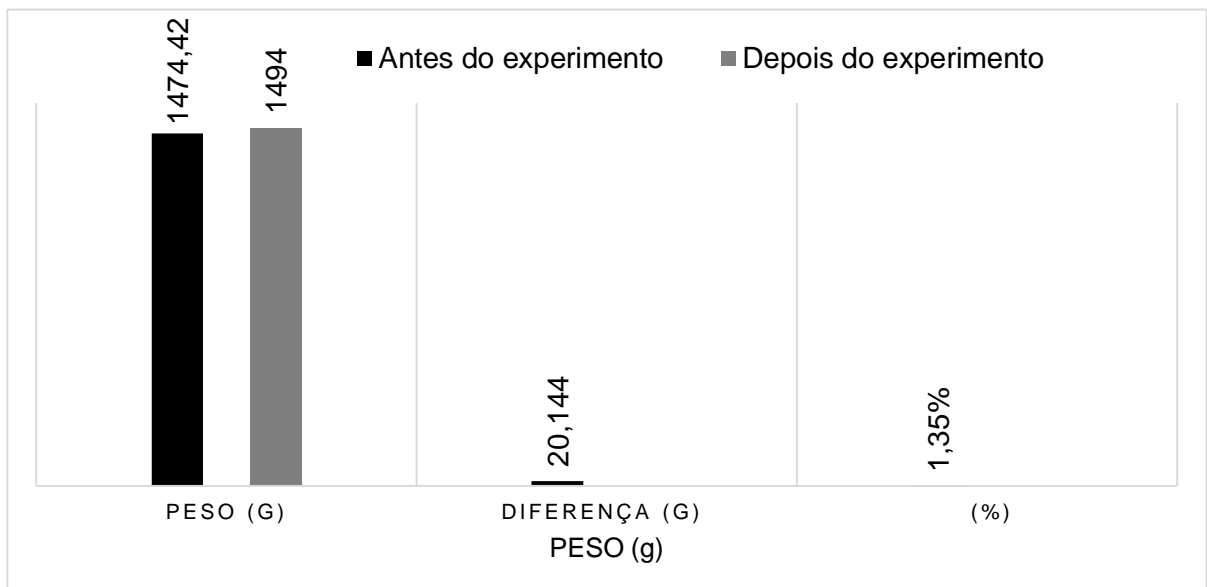


Figura 26: 2º Experimento do Filtro.

Fonte: Este estudo.

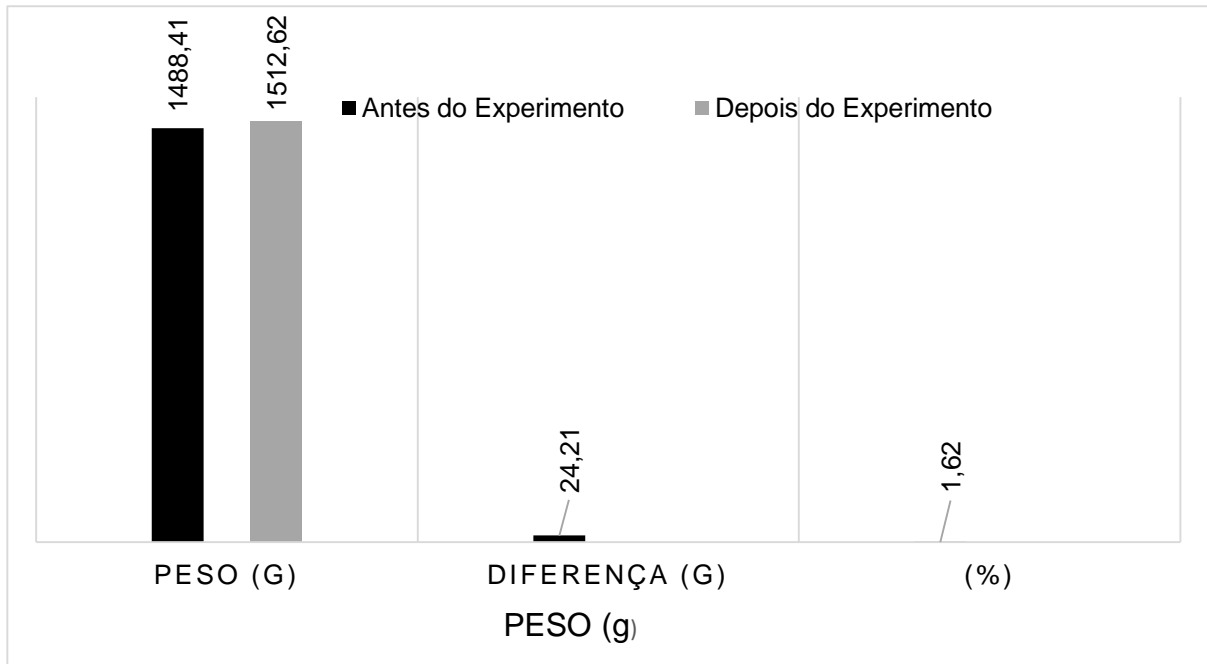


Figura 26: 3º Experimento do Filtro.  
Fonte: Este estudo.

De acordo com os resultados obtidos na Tabela 19 e nas Figuras 25,26 e 27 representada por gráficos, o filtro apresentou valores diferentes de peso durante as etapas dos experimentos. No primeiro experimento, antes de ser submetido ao teste o filtro apresentou o valor de 1449,42g, após ao teste o peso do filtro passou para 1467,60g, uma diferença de 18,18g, equivalente a 1,24% do maior do que valor inicial. No segundo experimento o peso inicial foi de 1474,42g, e o segundo peso após o teste foi de 1494,56g, uma diferença de 20,14g, equivalente a 1,35% acima do valor inicial. No terceiro e último experimento o valor inicial foi de 1488,41g e após ao teste o filtro pesou 1512,62g, uma diferença de 24,21g, equivalente a 1,62% superior a primeira medida. Usando como base o método analítico da NBR-9745/1997 que determina a pesagem do filtro como critério de eficiência, as diferenças no valor do peso apresentados nos experimentos antes e após aos testes realizados em uma carvoaria, demonstram a eficiência do filtro a base de carvão ativado em reter o material particulado proposto durante os testes.

A diferença de peso do filtro existente nos três experimentos é de 18,18g no primeiro a 24,21g no último teste. Sobre tal assunto, subentende que isso pode estar relacionado a forma de montagem e instalação do equipamento e as características do composto a ser retido. A cada novo experimento, a maneira de se montar e se instalar o filtro vai se aperfeiçoando, significando quantos mais tempo de estudos e

testes forem realizados no filtro, melhor será sua eficiência. As características do local onde foi testado o filtro influenciou diretamente no resultado final, pois, o referido local uma carvoaria artesanal não faz tratamento da substância chamada de alcatrão que é um dos insumos da matéria-prima utilizada pelas carvoarias para ser carbonizada (madeira), e isso alterou resultado final, uma vez que, o filtro fez a retenção, tanto de partículas sólidas, quanto partículas líquidas (Figura 28).



**Figura 27: Filtro contendo em sua estrutura o composto químico (alcatrão).  
Fonte: Direta.**

É notório na Figura 28, esse componente químico agregado ao filtro e por não ser necessariamente esse o objetivo do experimento, foram realizadas outras análises para comprovar a eficiência do equipamento na retenção de material particulado, a pesagem do carvão granulado e as pastilhas utilizado no filtro.

#### **e) Carvão granulado**

A Tabela 17 e a Figura 29,30,31, apresentam os resultados do peso do carvão ativado granulado utilizados no filtro durante o experimento.

Tabela 17. Resultado do peso do carvão ativado granulado utilizado no filtro.

CARVÃO GRANULADO	PESO (g)	DIFERENÇA (g)	(%)
Primeiro Experimento			
Antes do experimento	800	4,12	0,51%
Depois do experimento	804,12		
Segundo Experimento			
Antes do experimento	800	4,19	0,52%
Depois do experimento	804,19		
Terceiro Experimento			
Antes do experimento	800	4,32	0,53%
Depois do experimento	804,32		

Fonte: Este estudo.

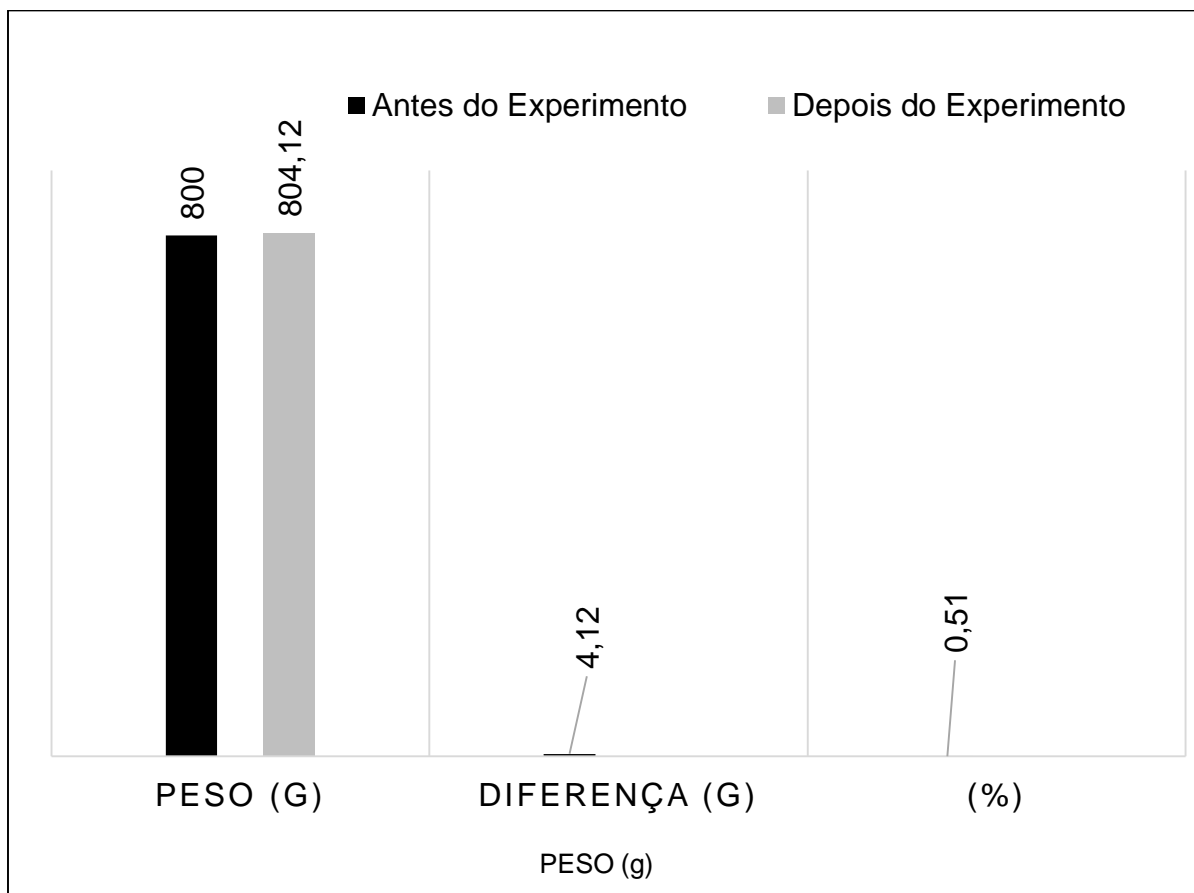


Figura 28: 1º Experimento do CAG

Fonte: Este estudo.

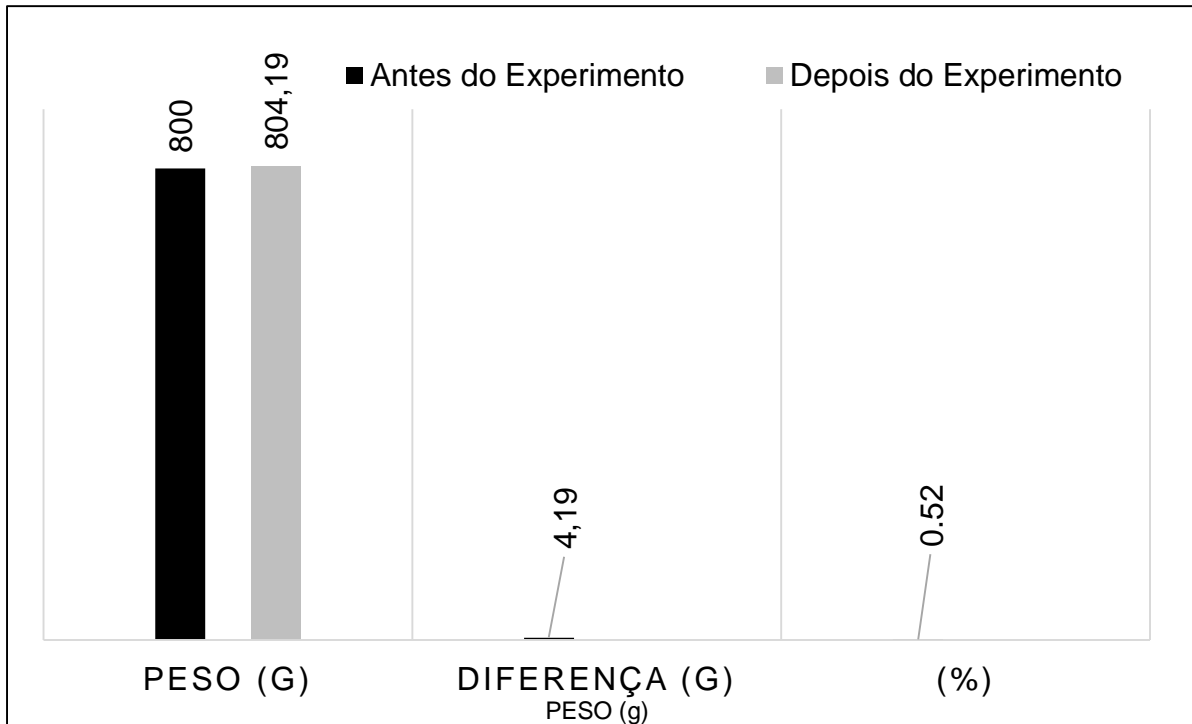


Figura 29: 2º Experimento do CAG  
Fonte: Este estudo.

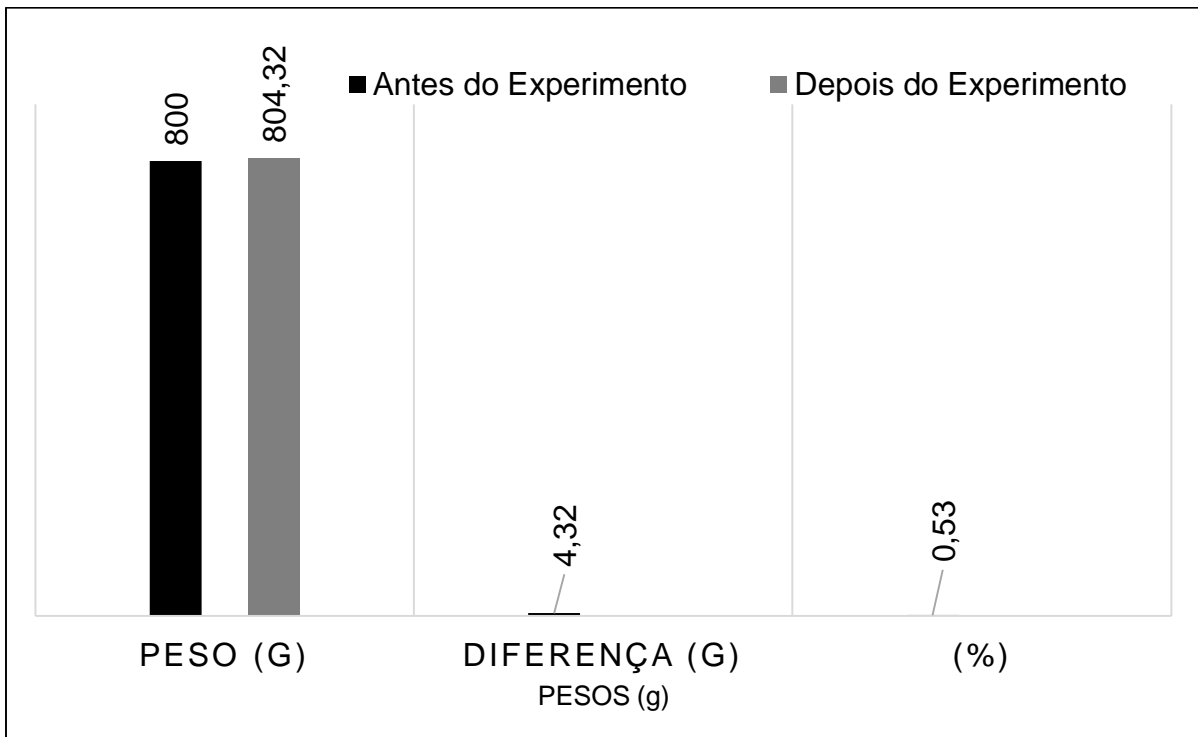


Figura 30: 3º Experimento do CAG  
Fonte: Este estudo.

Os valores da pesagem do carvão ativado granulado utilizado no filtro durante o experimento apresentados na tabela e nas figuras, apresentaram uma diferença de peso no decorrer dos testes, variando acima de 4g do peso inicial do carvão, um percentual de 0,2%. A alteração no peso de carvão usado em cada filtro antes e

após os experimentos, evidenciam a retenção de particulados pelo produto, aumentado a cada teste realizado, confirmando a eficiência do filtro na retenção desse composto.

#### f) Pastilhas de carvão ativado

Os resultados dos pesos das pastilhas que foram utilizadas no filtro durante o experimento estão apresentados na (Tabela 18,19,20) e Figura (32,33 e 34).

Tabela 18:1º Experimento das Pastilhas do carvão ativado utilizado no filtro.

PASTILHA	PESO (g)	DIFERENÇA (g)	(%)
<b>Pastilha 1</b>			
Antes do experimento	148	2,06	1,37%
Depois do experimento	150,06		
<b>Pastilha 2</b>			
Antes do experimento	148	3,13	2,07%
Depois do experimento	151,13		
<b>Pastilha 3</b>			
Antes do experimento	148	4,76	
Depois do experimento	152,76		3,11%

Fonte: Este estudo.

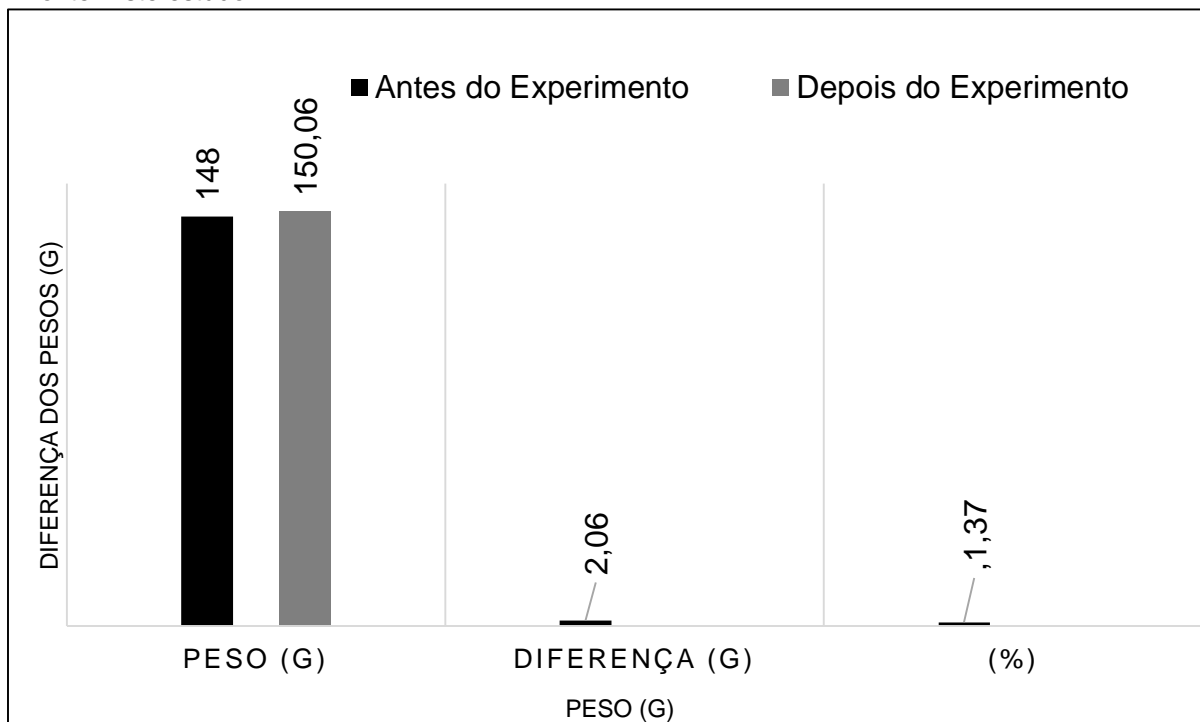


Figura 31: 1º experimento da pastilha 1.

Fonte: Este estudo.

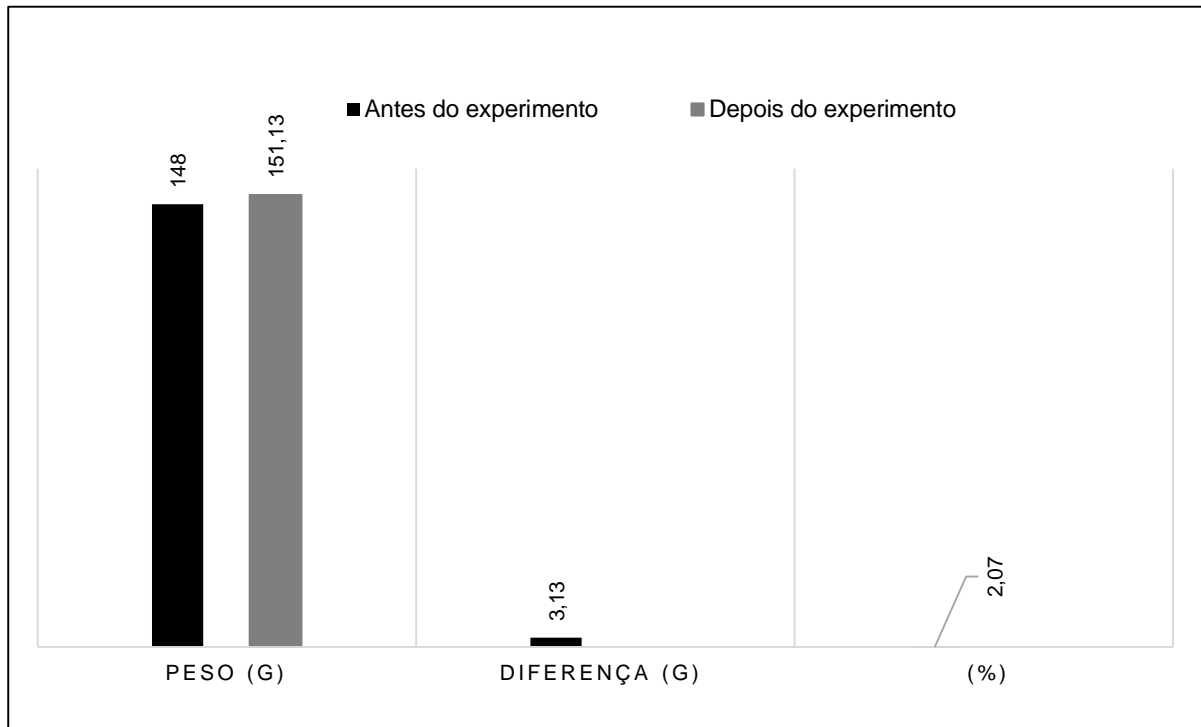


Figura 32: 1º experimento da pastilha 2  
Fonte: Este estudo.

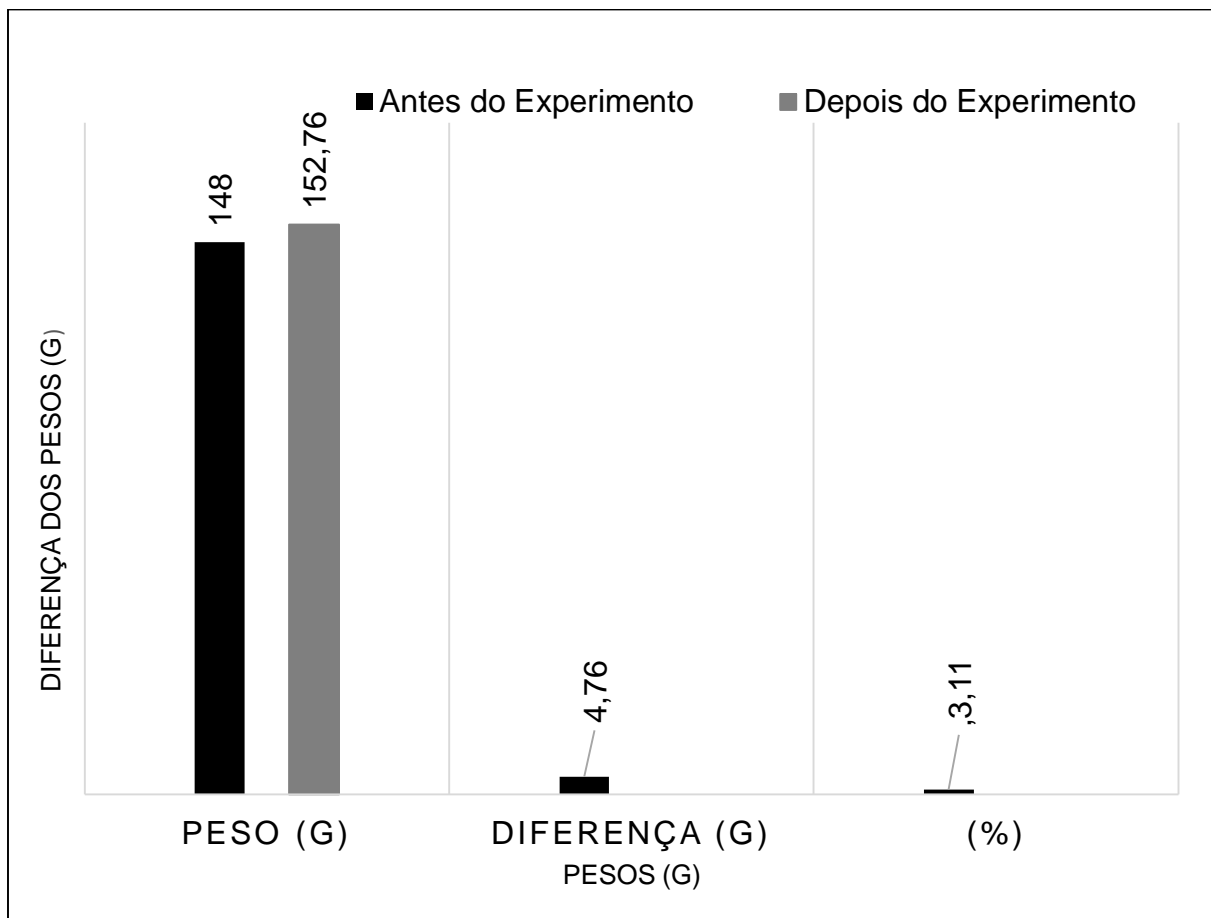


Figura 33: 1º experimento da pastilha 3  
Fonte: Este estudo.

Tabela 19: 2º Experimento das Pastilhas do carvão ativado utilizado no filtro.

PASTILHA	PESO (g)	DIFERENÇA (g)	(%)
Pastilha 1			
Antes do experimento	148	2,74	1,81%
Depois do experimento	150,74		
Pastilha 2			
Antes do experimento	148	3,21	2,12%
Depois do experimento	151,21		
Pastilha 3			
Antes do experimento	148	4,80	3,14%
Depois do experimento	152,80		

Fonte: Este estudo.

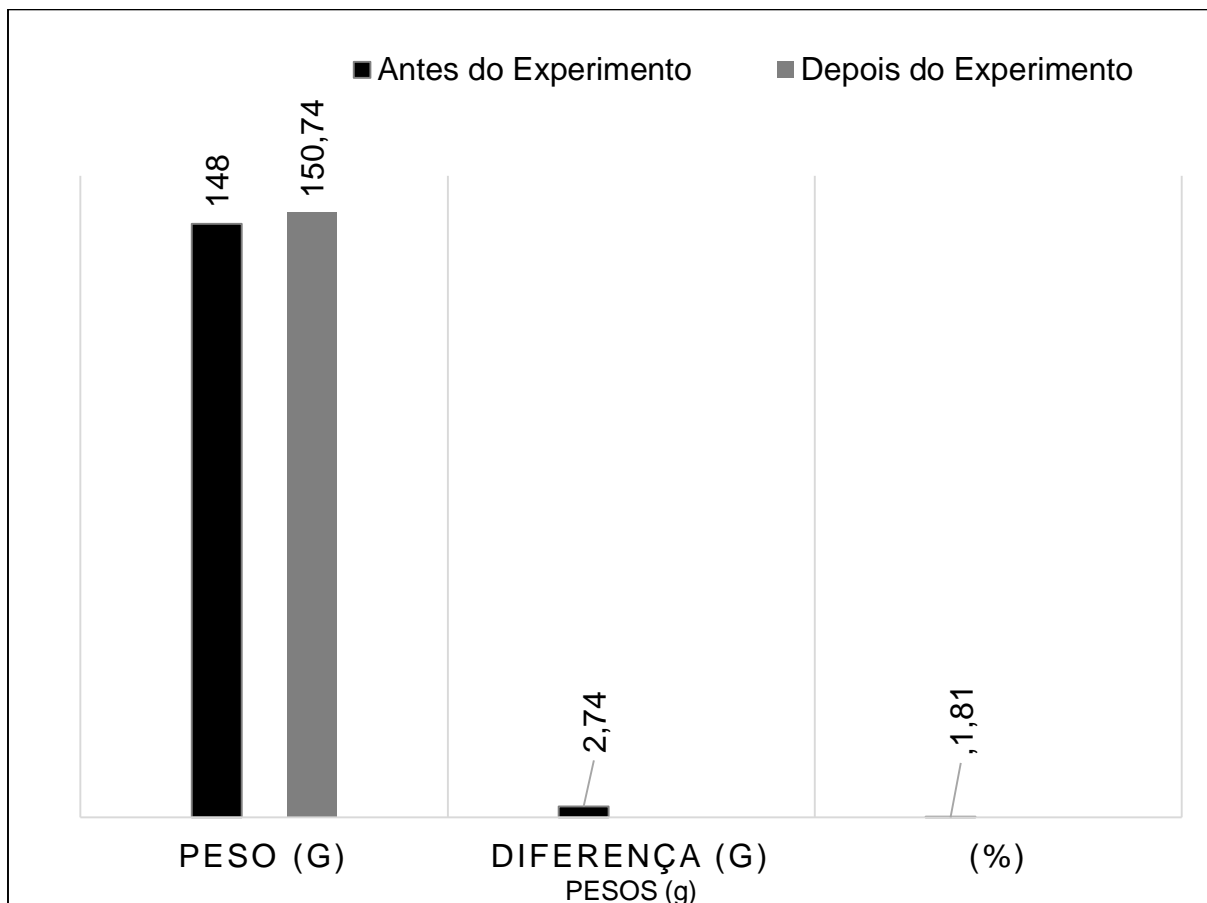


Figura 34: 2º experimento da pastilha 1

Fonte: Este estudo.

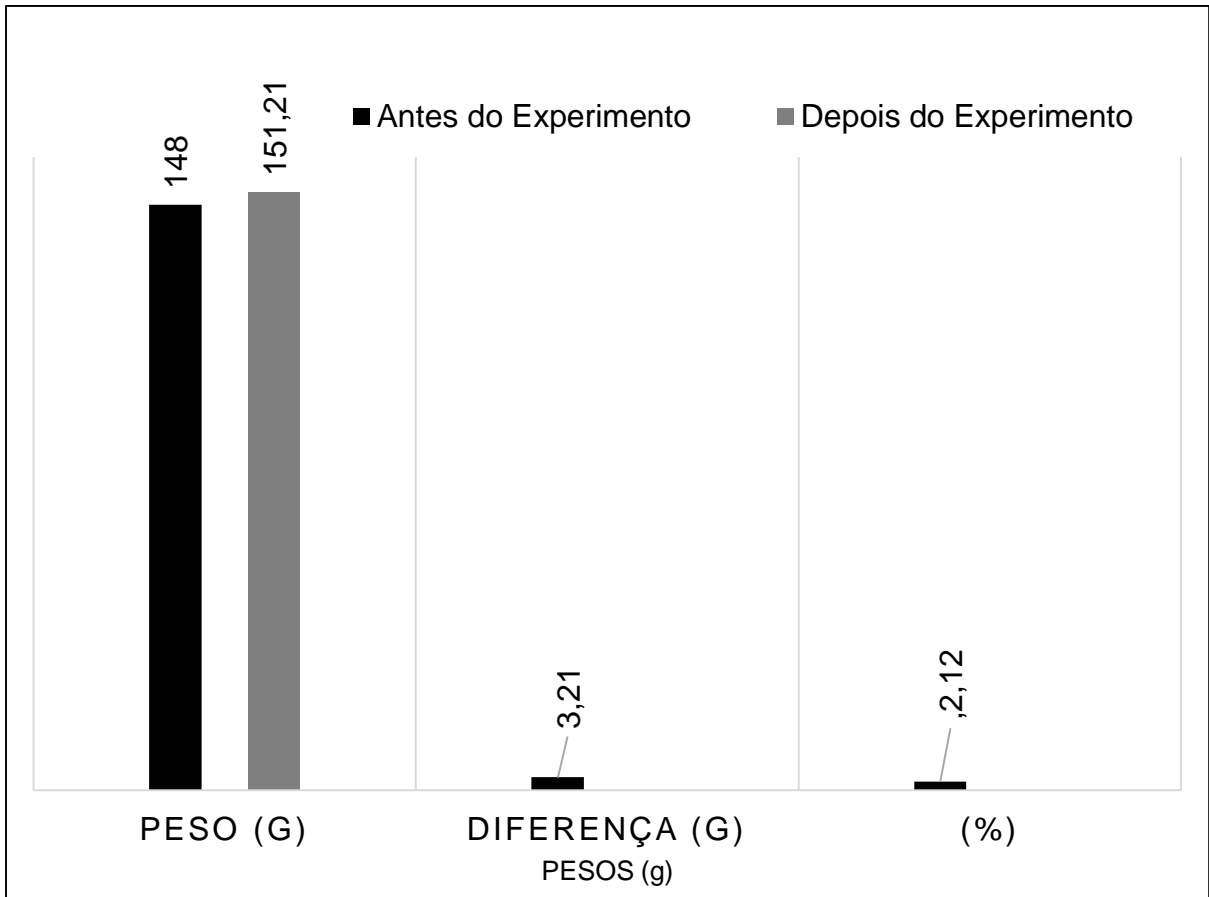


Figura 35: 2º experimento da pastilha 2  
Fonte: Este estudo.

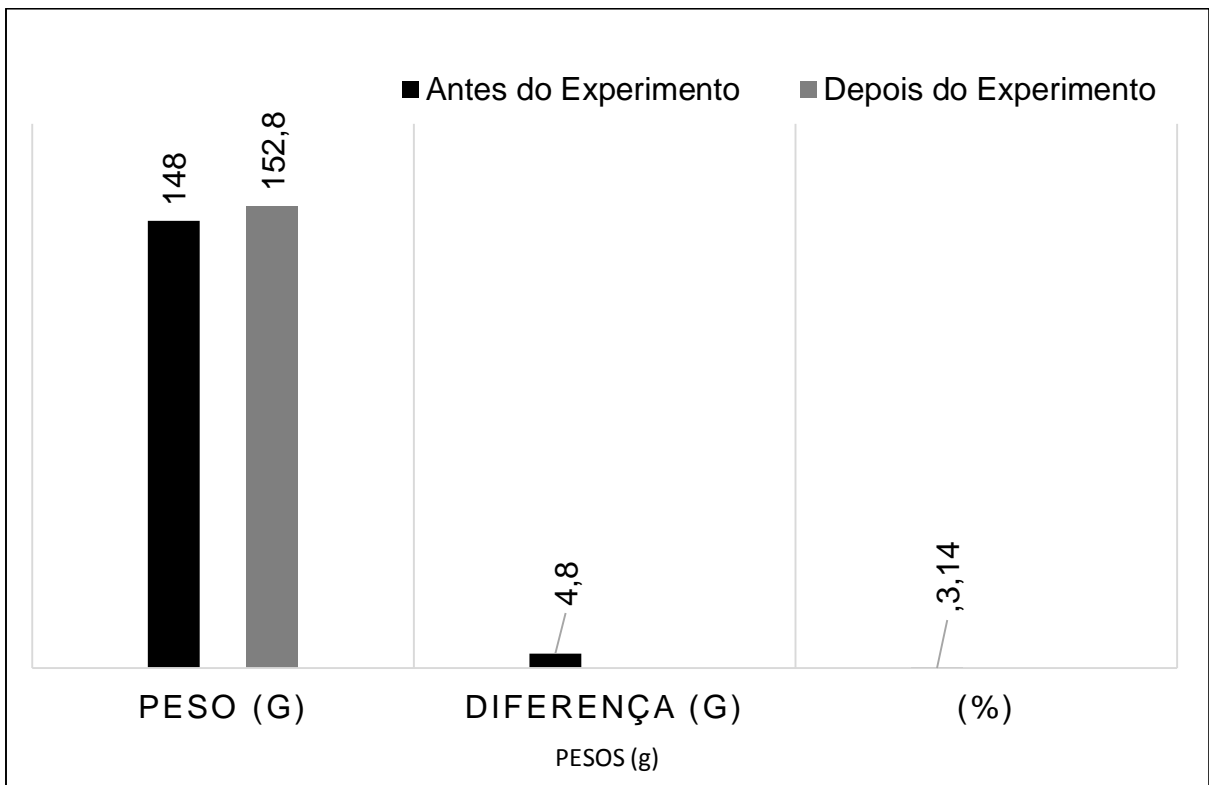


Figura 36: 2º experimento da pastilha 3  
Fonte: Este estudo.

Tabela 20: 3º Experimento das Pastilhas do carvão ativado utilizado no filtro.

PASTILHA	PESO (g)	DIFERENÇA (g)	(%)
<b>Pastilha 1</b>			
Antes do experimento	148	2,89	1,91%
Depois do experimento	150,89		
<b>Pastilha 2</b>			
Antes do experimento	148	3,32	2,19%
Depois do experimento	151,32		
<b>Pastilha 3</b>			
Antes do experimento	148	4,82	3,15%
Depois do experimento	152,82		

Fonte: Este estudo.

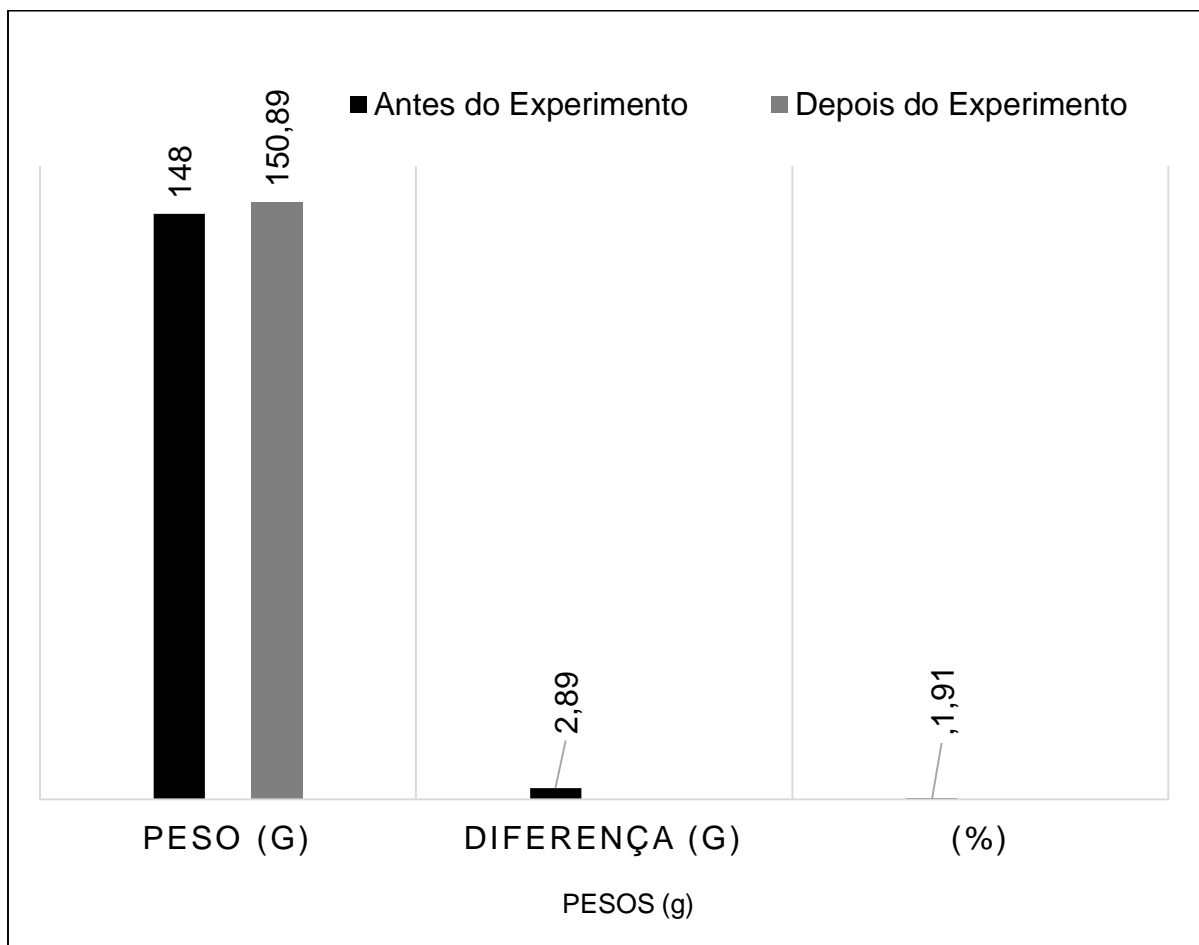


Figura 37: 3º experimento da pastilha 1

Fonte: Este estudo.

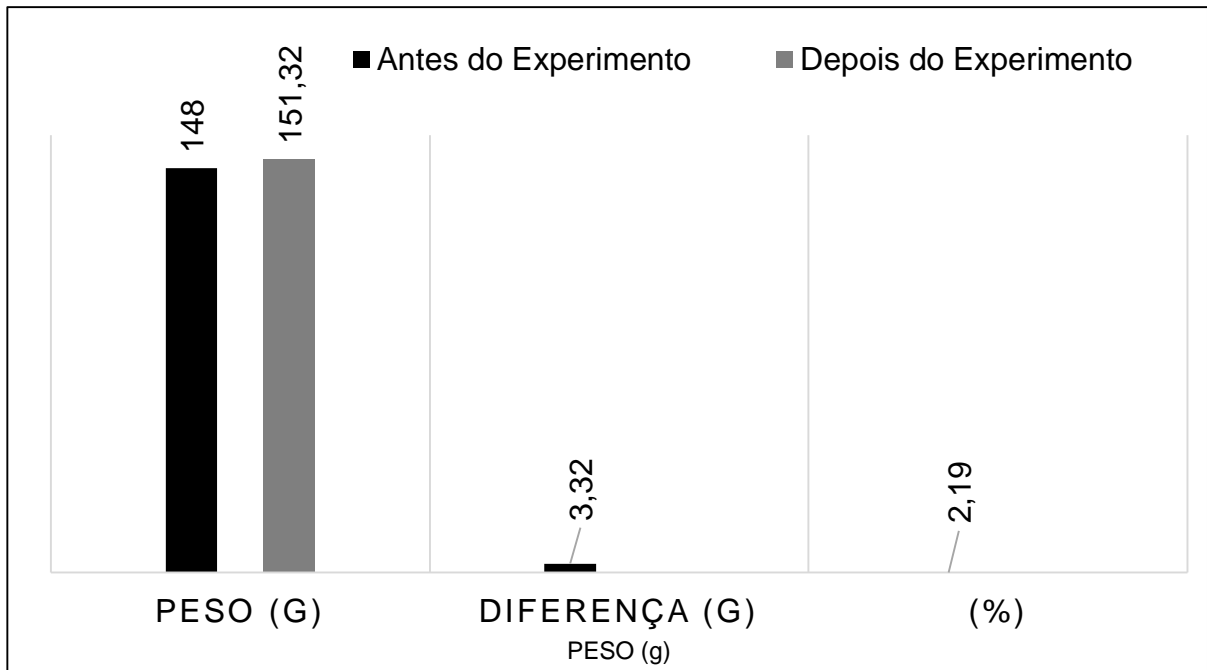


Figura 38: 3º experimento da pastilha 2

Fonte: Este estudo.

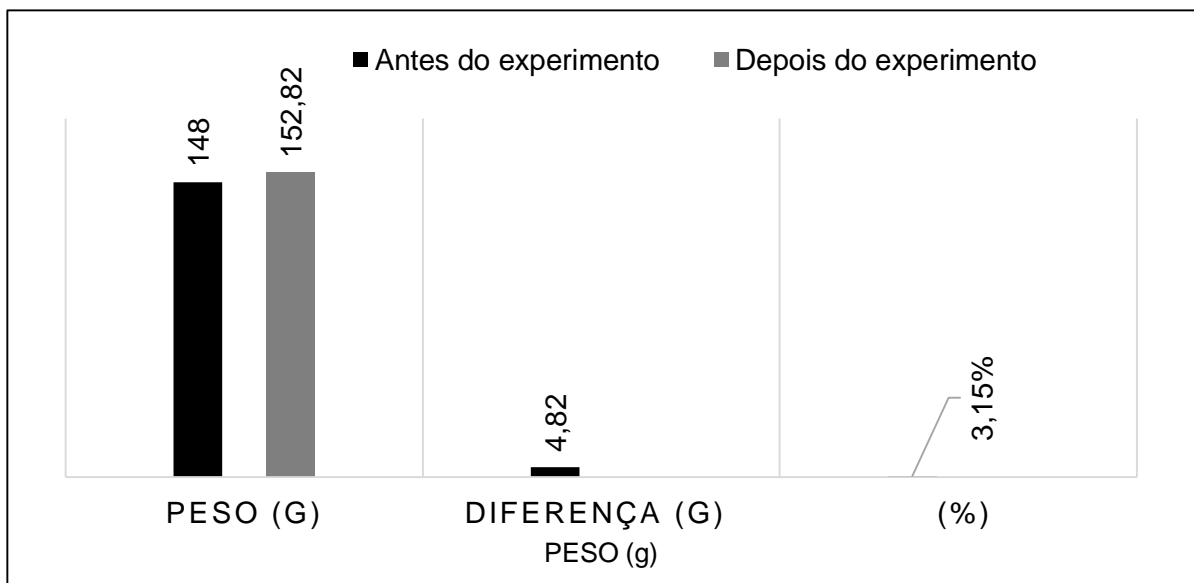


Figura 39: 3º experimento da pastilha 3

Fonte: Este estudo.

Acompanhando os testes anteriores, os resultados referentes nas tabelas e gráficos acima, também apresentam um aumento nos valores de peso de cada pastilha de carvão ativado componentes do filtro, antes e após a realização dos experimentos. Uma diferença de 2,06g na primeira pastilha do experimento 1, a 4,82g na última pastilha do experimento 3, um percentual de 1,98% de diferença entre os pesos das pastilhas durante o período dos três experimentos, indicando uma crescente no peso final após cada teste realizado.

Observou-se ainda, a diferença do peso obtido, estando de acordo com o posicionamento das pastilhas no filtro. A pastilha 1, primeira pastilha do filtro, considerada a última a ter contato com o material particulado e, por conseguinte a tendência que esta tenha uma quantidade retida de poluentes menor que as demais e conseqüentemente menor peso. A pastilha 2, por ficar localizada no centro do filtro apresentou um valor satisfatório de peso em relação a primeira pastilha. A terceira e última pastilha, localizada no início do filtro e a primeira a ter contato com o composto particulado apresentou um valor de peso superior as demais. Isso quer dizer que, as pastilhas do carvão ativado conseguiram reter uma significativa quantidade de material particulado.

As diferenças dos pesos do filtros, do carvão granulado e nas pastilhas estão exemplificadas na Tabela 21.

Tabela 21: Diferença de peso do filtro a base de carvão ativado e diferença de peso de seus componentes, carvão ativado granulado e pastilhas de carvão ativado antes e depois do experimento

<b>Filtro</b>		<b>Peso (g)</b>	<b>Diferença(g)</b>	<b>Eficiência</b>	
1° Exp.	Antes do Exp.	1449,42	18,18	98%	
	Após o Exp.	1467,60			
2° Exp.	Antes do Exp.	1474,42	20,14		
	Após o Exp.	1494,56			
3° Exp.	Antes do Exp.	1488,37	24,23		
	Após o Exp.	1512,60			
1° Experimento (g)					
<b>CAG</b>	<b>Pastilha 1</b>	<b>Pastilha 2</b>	<b>Pastilha 3</b>	<b>Alcatrão</b>	<b>Total.</b>
4,12	2,06	3,13	4,76	4,11	18,18
2° Experimento (g)					
4,19	2,74	3,21	4,80	5,2	20,14
3° Experimento (g)					
4,32	2,89	3,32	4,82	8,80	24,23

Fonte: Este estudo.

A diferença de peso de cada que componente o filtro, inclusive o alcatrão que influenciou no resultado final do teste, pois no último experimento o filtro conseguiu reter 8,80 g de alcatrão. Todavia isso não anula a eficiência do filtro, já que, trata-se de um material particulado líquido, ao contrário isso comprova a eficiência ainda maior do filtro, pois além do mesmo reter material particulado sólido, o mesmo retém o líquido. É importante que essa retenção pode variar dependendo do local onde o filtro será instalado.

No entanto, o objeto de estudo (Filtro) conseguiu fazer uma redução de aproximadamente de 98% do material particulado, por meio do método de pesagem que um método usualmente aceito como método mais apropriado para realização de teste no período de 24 horas. Um percentual bem significativo, tendo em vista a capacidade do filtro, que é reduzir o MP em 99% a 100%.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo conseguiu responder todos os objetivos específicos, onde conseguiu-se alcançar o objetivo geral.

A respeito da construção do objeto de estudo o filtro realizada com sucesso, mesmo não havendo outras metodologias sobre tal assunto, onde utilizou-se uma metodologia própria com o uso de materiais de baixo custo. O teste realizado no filtro teve como base a NBR-9745/1997 que determina a pesagem do filtro como critério de eficiência.

Após os testes, os resultados demonstraram que o filtro de carvão ativado à base do caroço do tucumã é bastante eficiente na retenção do material particulado, uma vez que, o mesmo conseguiu reduzir 24,21g de material particulado que equivale um percentual de 1,62%, demonstrando assim, uma eficiência de redução de 98% em todos testes, ou seja, são material particulado desta ordem que deixa de ir para a atmosfera e isso já é um grande avanço, pois, o filtro pode chegar e fazer a retenção na ordem de no mínimo 99%. Contudo esse trabalho não está concluído, pois, precisa de mais estudo com relação isso por acreditar que a cada novo teste a capacidade de retenção tende a ser eficiente e por apresentar baixo custo de produção pode ser tornar uma solução sustentável e viável no seguimento do tratamento de particulados.

Porém, é necessário antes disso a educação ambiental efetiva, atentando à promoção do conhecimento na busca por mudanças de percepções mais sustentáveis. Já que, o desenvolvimento dessa tecnologia só terá eficácia, à medida que, os proprietários dos estabelecimentos que emitem poluentes atmosférico particulados, tomarem consciência de suas responsabilidades quanto a proteção do meio ambiente.

Para tanto, se propõem que os experimentos continuem buscando aprimorar a eficiente do filtro, no desejo de desenvolver um produto que possa ter uma capacidade de retenção satisfatória dos materiais particulados, economicamente viável e acessível as pessoas.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT, Material particulado em suspensão no ar ambiente – Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume –procedimento. NBR-9547.1997. Rio de Janeiro,1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, Carvão ativado pulverizado para tratamento de água – procedimento. NBR 11834:1991. Rio de Janeiro, 1991.

ASTM - American Society for Testing and Materials. D: 3838-1980: Standard Test Method for pH of Activated Carbon. 1999.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO.J.G.L.; MIERZWA, J.C.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall,2005.

BRANCO, S.M.; MURGEL, E. Poluição do Ar. 12ª Impressão. São Paulo: Moderna,1995.

BARBOSA, M.G. Uso de filtro de mangas para tratamento de gases resultantes da combustão de bagaço de cana.2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Mecânica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2014. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/11449/91727/000742775.pdf?sequence=1>. Acesso em: 21 de Dez.2016.

BIANCHINI, M. Medições do material particulado em chaminé e das partículas totais em suspensão no ar ambiente: o caso da empresa Colorminas. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo,2002. Disponível em: <http://www.bib.unesc.net/00002689.pdf>. Acesso em: 21 de Dez. de 2016.

CAMARINHO, Gilberto C. Determinação Quantitativa de fontes de material particulado inalável na atmosfera da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.2010.Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) -Universidade Federal do Rio de Janeiro,2010. Disponível em: <http://186.202.79.107/.pdf>. Acesso em:21 de Dez.2016.

CARVALHO, R.N. Desenho Técnico. 2017.Santarém-Pará.

CLAUDINO, A. Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes.2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Químico) - Universidade Federal de Santa Catarina.2003. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/123456789/86346>. Acesso em: 21 de Dez.2016.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Ar e Saúde. São Paulo: CETESB,2016. CETESB. Disponível em: [http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/ar saude.mp](http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/ar%20saude.mp). Acesso em:23 de Dez.2016.

CENDOFANT.A.C. Minimização de resíduos de um processo de carvão ativado e de goma resina. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) -Universidade Federal do Paraná ,2005. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp107621.pdf>. Acesso em:21 de Dez.2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 05, de 15 de Junho 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 6 de Dezembro de 2016.

\_\_\_\_\_ Resolução nº 03, de 28 de Junho 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 6 de Dezembro de 2016

\_\_\_\_\_ Resolução nº 382, de 26 de Junho 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 6 de Dezembro de 2016.

\_\_\_\_\_ Resolução nº 436, de 22 de Dezembro 2011. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. Disponível em: [www.mma.gov.br/port/conama](http://www.mma.gov.br/port/conama). Acesso em: 6 de Dezembro de 2016.

COSTA, L.C.M. Produção e modificação de carvões Ativados para aplicações ambientais. Tese (Doutor em Ciências - Química) -Universidade Federal de Minas Gerais, \_\_\_\_\_ 2007.Disponível \_\_\_\_\_ em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843>. Acesso em:21 de Dez.2016.

CUBAS, Karina Guedes. Avaliação do desempenho de carvões ativos usados na remoção de composto orgânicos de água naturais proveniente de cianobactérias e suas toxinas. Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR. 2009. Disponível em: [http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/14-06\\_artigos219.pdf](http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/14-06_artigos219.pdf). Acesso em: 18 de Agos. de 2016.

EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/1/437.pdf>. Acesso em: 05 de Dezembro de 2016.

FERNANDES, P.S. Gestão de fontes estacionárias de poluição atmosférica. In: KIPERSTOK, Asher *et al.* Emissões Atmosféricas. 3ª ed. Brasília. SENAI/DN, 2003. FERNANDES, Kendra D'Abreu Neto. Uso de carvão ativado de endocarpo de coco no tratamento de água. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande

do Sul, 2010. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/graduacao/article/7906/5591>. Acesso em: 10 de Dez.2016.

FERNANDES, K.D.N; SANTOS, F.A; BRUN, G.W. Uso de Carvão Ativado de Endocarpo de Coco no Tratamento de Água. XI Salão de Iniciação Científica PUCRS,2010. Disponível em: [www.edipucrs.com.br/XISalaoIC/Engenharia\\_Quimica/83854](http://www.edipucrs.com.br/XISalaoIC/Engenharia_Quimica/83854). Acesso em: 10 de Dez.2016.

FREBACE- Feira Brasileira de Ciências e Engenharia. Criatividade e Inovação. Pesquisa disponível em: <http://febrace.org.br/pdf/anais2015.pdf>. Acesso em: 05 de Dez. de 2017.

FLORIDO, Priscilla Lopes. Tratamento de Efluentes de refinaria pelo Processo Combinado de Adsorção em Carvão Ativado e Biorreator com Membranas. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.Disponível em: <http://portal.peq.coppe.ufrj.br/index.php/producao-academica>.21 de Dez.2016.

GARUFE, G.S; MELO, K.S. Modelo Computacional Neuro-Fuzzy para avaliar os efeitos da poluição do ar sobre o número de internações por asma e pneumonia. 2014. TCC (Curso de Bacharel em Fisioterapia), Faculdade de Pindamonhangaba. Disponível em: <http://177.107.89.34:8080//123456789/247/1/pdf>. Acesso em: 10 de Out. de 2016.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOMIDE, R. Operações unitárias. Volume 3. São Paulo: R. Gomide, 1989.

HEYLMANN. K.K.A. Produção, caracterização e aplicação de carvão ativado de caroço de pêssego no tratamento de efluente têxtil.2015. TCC (Curso de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) Universidade Federal de Pelotas,2015. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/2016/03/pdf.pdf>. Acesso em: 10 de Outubro de 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Características Gerais da População. Resultados da Amostra. IBGE, 2016. Disponível em <http://www.ibge.gov.brestatistica>. Acesso em: 06 de jan.2017.

Instituto de Pesquisa da Amazônia – INPA (2015) Disponível em: <http://www.inpa.gov.br>. Acesso em: 28 de Nov.2016.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos metodologia científica. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LENZI, E.; FAVERO, L.O.B. Introdução à química da atmosfera: ciência, vida e sobrevivência. Reimpr.Rio de Janeiro: LTC,2012.

LIBÓRIO, Daisy; TERRA, Lucimara. Metodologia científica. 2ª ed. Laureate-Internacional Universities, 2015.

LUZ, N.C. Sustentabilidade Socioambiental Apartir do uso de Alternativas locais: o caso da exploração do tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). 2011. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) - Universidade Federal do Pará, 2011. Disponível em: <http://www.ppgedam.propesp.ufpa.br.pdf> Acesso em: 21 de Dez. 2016.

MACHADO, T.V. Amostragem de poluentes gasosos e Particulados emitidos pela queima de biomassa Vegetal. TCC (Curso de Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista-UEP-2013. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/000789313.pdf>. sequence=1. Acesso em: 21 de Dez. 2016.

MANAHAM, Stanley E. Química Ambiental. 9º ed. Porto Alegre: Bookmam, 2013.

MANGUEIRA.E.S.V.R. Produção de carvão ativado a partir de endocarpo de coco da baía (cocos nucifera) aplicado ao processo de adsorção do herbicida metribuzin. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, 2010. Disponível em: <http://tede.biblioteca.ufpb.br/tede/5539/1.pdf>. Acesso em: 21 de Dez. 2016.

MARTINS.R.H.C. Elaboração de Mapas Cartográficos. 2017.

MENEZES, A.J.E.A; HOMMA, A.K.O.; OLIVEIRA, M.E.C.; MATOS, G.B. *Exploração do óleo de tucumã do Pará (astrocaryum vulgare mart.) na mesorregião da ilha do Marajó - município de Soure – Pará*. Revista Recursos Genéticos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/950445>. Acesso em: 21 de Dez. 2016

MILLER JR., G.T. Ciência Ambiental. 11ª ed. Delitti. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MOLLETA, N.R. Caracterização e aplicação de carvão ativado Produzido a partir de biomassa amilácea. TCC (Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais), Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/1/252/1/CT\\_COPAM\\_2011\\_2\\_14.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/1/252/1/CT_COPAM_2011_2_14.pdf). Acesso em: 10 de Outubro de 2016.

NASCIMENTO, I.J.; STELA, E.R. *Produção de carvão ativado a partir da moinha de carvão vegetal*. In: IX EPCC- Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar, 2015. Anais Eletrônico - Vol. 3: Congestas 2015 ISSN 2318-7603. p. 990. Nov. 2015, n. 9, p. 4-8 ISBN 978-85-8084-996-7. Disponível em: <http://www.cesumar.br/epcc2015/anais.pdf>. Acesso em:21 de Dez.2016.

NIEDERSBERG, C. Ensaio de adsorção com carvão ativado produzido a partir da casca do tungue (*aleurites fordii*), resíduo do processo de produção de óleo. Dissertação (Mestrado em Tecnologia ambiental) - Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC ,2012. Disponível em: <http://docplayer.com.br/10428444.html>. Acesso em:21 de Dez.2016.

PENA, F. HENRIQUES, G. Almanaque da Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns. Santarém: CEAPS- Projeto Saúde e Alegria,2015.

PEREIRA, E. I. Produção de carvão ativado a partir de diferentes precursores utilizando FeCl<sub>3</sub> como agente ativante. Dissertação (Mestrado em Agroquímica,) - Universidade Federal de Lavras,2010. –Lavras: UFLA, 2010.Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2063/1/DISSERTAÇÃO>. Acesso em: 21 de Dez.2016.

QUEIROZ, E. B. Manual para controle de emissão de fumaça em forno e caldeiras de pequenas capacidades. Recife: CPRH, 2009.

RUBIM, C. Carvão Ativado. Revista e Portal Meio filtrante. Ano XIV - Nº 75 - Julho/Agosto de 2015. Pesquisa disponível em: [http://www.meiofiltrante.com.br/pdf/mf\\_75-jul-ago\\_2015.pdf](http://www.meiofiltrante.com.br/pdf/mf_75-jul-ago_2015.pdf). Acesso em: 05 de Jan de 2017.

SANTOS, D.N. Tratamento de efluente têxtil utilizando a técnica de adsorção em casca de café. TCC (Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.2013. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br//1/3403/1/AP\\_COPEQ\\_2012\\_2\\_01.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br//1/3403/1/AP_COPEQ_2012_2_01.pdf). Acesso em: 10 de Out. de 2016.

SCHNEIDER.E.L. Adsorção de compostos fenólicos sobre carvão ativado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná -2008. Disponível em: Acesso em:21 de Dez.2016.

SCHMIDT, C.G. Desenvolvimentos de Filtros de Carvão Ativado para remoção de cloro da água potável. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul,2011. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/28835> Acesso em:21 de Dez.2016.

SHANLEY, P. SERRA, M. MEDINA, G. Frutíferas e plantas úteis na vida Amazônica. 2ª ed. rev.ampl. Bogor, ID:2010.

SEMMA\_CIAM. Informações Municipais de Santarém. 2013. Pesquisa disponível em: <http://www.santarem.pa.gov.br/home/index.php?> Acesso em: 24/11/2016.

SILVA, E. D.V.; SILVA, G.S.; BERNARDO, H.N.V.; NEVES, H.J.P. Implantação de um filtro para tratamento de fumaça produzida por uma padaria na cidade de Caruaru-PE. In: Congresso brasileiro de gestão ambiental e sustentabilidade, 2015. Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 3: Congestas 2015 ISSN 2318-7603. p. 990.

SILVA, Silvestre. Árvores da Amazônia.1ª ed. São Paulo: Empresa das Artes ,2006.

SILVA, M.V.R. Adsorção de Cromo Hexavalente por Carvão Ativado Granulado comercial na presença de surfactante aniônico (LAS). Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Pará,2012. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/3517/1>. Acesso em:21 de Dez.2016.

SOUSA, S.R.G; PINHO, R.C.S; COSTA, N.S. A produção de biodiesel a partir da amêndoa do tucumã do Amazonas. In: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,2013. A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos. Salvador, BA, Brasil, 2013. Disponível [http://www.abepro.org.br/TN\\_STP\\_187\\_064\\_22125.pdf](http://www.abepro.org.br/TN_STP_187_064_22125.pdf). Acesso em: 10 de Out. de 2016.

SPIRO, T.G.; STIGLIAN, W.M. Química Ambiental. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

TELES, I.M.O; FURTADO, D.M.S. Elaboração de um filtro oriundo do caroço da manga no tratamento e qualidade da água obtida para consumo humano, 2016. In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Contribuições

da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil João Pessoa/PB, Brasil, de 03 a 06 de outubro de 2016. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/TN\\_STO\\_226\\_316\\_30858.pdf](http://www.abepro.org.br/TN_STO_226_316_30858.pdf). Acesso em: 10 de Out. de 2016.

VESILIND, P.A.; MORGAN, S.M. Introdução à Engenharia Ambiental. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

WERLANG, E.B; SCHNEIDER, R.C.S; RODRIGUES, A.L; NIEDERSBERG, C. *Produção de Carvão Ativado a partir de resíduos vegetais*. Revista Jovens Pesquisadores, Santa Cruz do Sul, v. 3, n. 1, p. 156-167, 2013. Pesquisa disponível em: <https://online.unisc.br/article/3600>. Acesso em: 06 de Dez.2016.