



**UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO  
MARANHÃO**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E PRODUÇÃO  
ENGENHARIA HABILITAÇÃO MECÂNICA**

**JOÃO AFONSO TORRES DA COSTA FILHO**

**ESTUDO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA CONDENSADA DE SISTEMA DE  
CONDICIONADORES DE AR DO CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS DA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**

**SÃO LUÍS/MA  
2018**

**JOÃO AFONSO TORRES DA COSTA FILHO**

**ESTUDO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA CONDENSADA DE SISTEMA DE  
CONDICIONADORES DE AR DO CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS DA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Orientador:** Prof. Dr. Fernando Lima de Oliveira

**SÃO LUÍS/MA  
2018**

Costa Filho, João Afonso Torres da.

Estudo e aproveitamento de água condensada de sistemas de condicionadores de ar do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Estadual do Maranhão / João Afonso Torres da Costa Filho. – São Luís, 2018.

43 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Lima de Oliveira.

1. Água condensada. 2. Análises. 3. Condicionador de ar.  
4. Alternativas. I. Título.

CDU 628.84

**JOÃO AFONSO TORRES DA COSTA FILHO**

**ESTUDO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA CONDENSADA DE SISTEMA DE  
CONDICIONADORES DE AR DO CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS DA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Mecânica da Universidade  
Estadual do Maranhão como parte dos requisitos  
exigidos para obtenção do título Bacharel em  
Engenharia Mecânica.

Monografia aprovada em: \_\_\_\_/ \_\_\_\_/2018.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Fernando Lima de Oliveira**

Orientador

Universidade Estadual do Maranhão

---

**Prof. Mc. Núbia Célia Bergê Cutrim**

Banca Examinadora

Universidade Estadual do Maranhão

---

**Prof. Mc. Carlos Ronyhelton Santana de Oliveira**

Banca Examinadora

Universidade Estadual do Maranhão

Dedico primeiramente a Deus que sempre está ao meu lado, a minha mãe uma pessoa que amo muito, ao meu pai que se estivesse entre nós, estaria orgulhoso com a minha mais nova conquista, as minhas irmãs (Larissa e Ludimilla) meu sobrinho João Gustavo, a toda minha família. E todos meus amigos e professores que contribuíram de uma forma ou de outra para minha chegada até aqui.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades e conseguir chegar onde hoje estou.

A meu orientador, Prof. Fernando Lima de Oliveira, pelo acompanhamento e orientação.

A Universidade Estadual do Maranhão, que juntamente com a Prefeitura do Campus e seus Laboratórios (Microbiologia de Alimentos e Água, Físico-Química de Alimentos e Água, Automação Pneumática e Hidráulica e Meteorologia), que contribuíram com os dados deste trabalho.

Ao meu pai João Afonso Torres da Costa e à minha mãe Maria Joaquina Silva da Costa, por não medirem esforços para que eu pudesse levar meus estudos adiante.

A minha chefe, Laurinete Alencar Muniz pela contribuição, generosidade e compreensão e amigos de estágio pelas mensagens de apoio.

Aos meus amigos Rodrigues, Marcos, Thalyson e Caroline, companheiros de trabalhos que contribuíram com a minha formação e vão continuar presentes em minha vida.

E a todos que fizeram parte da minha formação de forma direta ou indireta, o meu muito obrigado.

*“Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito”.*

*(Martin Luther King).*

## RESUMO

Atualmente existe a preocupação da escassez dos recursos hídricos, havendo a necessidade de alternativas para o uso racional da água. Uma das alternativas é a água proveniente dos condicionadores de ar. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de quantificar o volume de água gerado pelos condicionadores de ar presentes no Centro de Ciências Tecnológicas (CCT) da UEMA, localizado na cidade de São Luís/MA. Além de calcular posteriormente com o auxílio dos equipamentos do laboratório, da carta psicrométrica e do programa CATT3 a captação da água condensada de um condicionador de ar de 24.000 BTU/h de marca LG e refrigerante R22. Como este trabalho tem interesse em desenvolver uma proposta de aproveitamento de água condensada para jardinagem, limpeza, entre outros, foram coletadas duas amostras de dois condicionadores de ar (24.000 BTU/h e 30.000 BTU/h) e encaminhadas para o Laboratório de Microbiologia e Alimentos e Água e para o Laboratório de Físico-Química de Alimentos e Água. Os resultados das análises físico-químicas apresentaram-se adequados com a resolução, mas para a análise microbiológica uma das duas não atendeu ao exigido, sendo necessário apresentar uma solução acessível para o tratamento da água condensada. Portanto, a quantidade de água produzida pelo condicionador de ar viabilizar a implantação de um projeto de aproveitamento da água condensada contribuindo para o seu uso sustentável.

**Palavras-chaves:** Água condensada. Análises. Condicionador de ar. Alternativas.



## ABSTRACT

Currently, there is a concern about the shortage of water resources, and there are alternatives needed for the rational use of water. One of the alternatives is the water coming from the air conditioners. The present work was developed with an objective of quantifying the volume of water generated by the air conditioners present at the Centro de Ciências Tecnológicas (CCT) of the UEMA, located in the city of São Luís / MA. Additionally, with the help of laboratory equipment, the psychometric chart and the CATT3 program to calculate the collected condensed water of an air conditioner of 24,000 BTU/h of LG brand and refrigerant R22, posteriorly. In the present work, the principal interest of the author is to develop a proposal of using the condensed water for gardening and cleaning etc, two samples from the two air conditioners (24,000 BTU / h and 30,000 BTU / h), were collected and sent to for the microbiologic, alimantal and physicochemical analysis of water. The results of the physicochemical analyses were adequate with the standards of, but the microbiological analysis shows that one of the sample did not meet the required norms, suggested that an accessible solution is necessary for the treatment of the water samples. Therefore, the amount of water produced by the air conditioner enables the implementation of a project to use the condensed water contributing to its sustainable use.

**Key-words:** Condensed water. Analysis. Air conditioner. Alternatives.

## SUMÁRIO

FOLHA DE APROVAÇÃO.....	iii
DEDICATÓRIA.....	v
AGRADECIMENTOS .....	vii
EPÍGRAFE.....	ix
RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xiii
SUMÁRIO.....	xv
LISTA DE FIGURAS .....	xix
LISTA DE TABELAS .....	xxiii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativa .....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo Geral .....	2
1.2.2 Objetivo Específico .....	2
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Recursos hídricos .....	4
2.1.1 Recursos hídricos no Maranhão .....	5
2.2 Mecanismo de funcionamento .....	6
2.3 Tipos de Condicionador de Ar.....	7
2.3.1 Condicionador de ar tipo Janela.....	7
2.3.2 Split Hi-Wall .....	8
2.3.3 Split Cassete .....	9
2.3.4 Split Piso-teto .....	10
2.3.5 Split Built in .....	11
2.4 Carta Psicrométrica.....	11
2.4.1 Linha de Saturação .....	12
2.4.2 Umidade Relativa.....	13
2.4.3 Entalpia.....	13
2.4.5 Temperatura de Bulbo Seco e Temperatura de Bulbo Úmido .....	14
2.4.6 Umidade Absoluta e Volume específico.....	14
2.5 Água condensada e seu aproveitamento .....	14

2.6 Qualidade da água condensada .....	15
3 METODOLOGIA.....	16
3.1 Área de estudos .....	16
3.2 Determinação da vazão dos condicionadores de ar .....	17
3.3 Materiais para o estudo em laboratório para determinação da vazão .....	18
3.3.1 Termômetro Digital Penta 05 .....	19
3.3.2 Psicrômetro.....	20
3.4 Determinação da Vazão de ar .....	20
3.5 Determinação da qualidade da água .....	21
3.5.1 Análise do pH.....	21
3.5.2 Análise de Turbidez .....	21
3.5.3 Análise de Cloretos .....	22
3.5.4 Análise de dureza .....	22
3.5.5 Análise de alcanilidade.....	23
3.6 Análise microbiológica da água condensada .....	24
4 ANÁLISE E DISDUSSÃO DOS RESULTADOS .....	25
4.1 Vazão dos aparelhos .....	25
4.2 Resultado do experimento em Laboratório.....	26
4.3 Programa de Termodinâmica.....	29
4.4 Resultado da análise físico-química da água condensada.....	31
4.4.1 Resultado da análise do pH .....	32
4.4.2 Resultado da análise de Turbidez.....	32
4.4.3 Resultado da análise de Cloretos.....	32
4.4.4 Resultado da análise de dureza.....	32
4.4.5 Resultado da análise de alcanilidade.....	33
4.5 Resultado da análise microbiológica da água condensada .....	33
4.6 Proposta de um Sistema de Captação .....	34
CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	37
REFERÊNCIAS .....	38
APÊNDICE A – Água Condensada dos Condicionadores de Ar (Autor, 2018).....	41
ANEXO A – Propriedades Termofísicas de Gases à Pressão Atmosférica (Adaptado de Incropera, 2018). .....	43

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Distribuição de água no mundo (Adaptado de ANA, 2001).....	4
Figura 2.2 – Princípio de funcionamento do condicionador de ar (Adaptado de Antonovicz e Weber, 2013). .....	6
Figura 2.3 – Interior do condicionador de ar tipo janela (Adaptado de Rigotti, 2014). .....	8
Figura 2.4 – Ar Condicionado tipo split (Adaptado de Araújo, 2011). .....	9
Figura 2.5 – Split cassete (Adaptado de Araújo, 2011). .....	10
Figura 2.6 – Split piso-teto (Adaptado de www.dufrio.com.br, 2018). .....	10
Figura 2.7 – Split Built in (Adaptado de www.carrierdobrasil.com.br, 2018). .....	11
Figura 2.8 – Carta Psicrométrica (Adaptado de Stoecker e Jones, 1985). .....	12
Figura 2.9 – Linha de saturação (Adaptado de Miller e Miller, 2014). .....	13
Figura 2.10 – Linhas de umidade relativa (Adaptado de Miller e Miller, 2014). .....	13
Figura 3.1 – Mapa da UEMA com localização do Centro de Ciências Tecnológicas. ....	16
Figura 3.2 – Materiais para coleta dos dados (Autor, 2018). .....	17
Figura 3.3 – Condicionadores de ar escolhidos para obtenção dos dados (Autor, 2018). .....	18
Figura 3.4 – Materiais para coleta dos dados no laboratório (Autor, 2018). .....	19
Figura 3.5 – Verificação da velocidade do vento (Autor, 2018). .....	20
Figura 3.6 – Análise do pH (Autor, 2018). .....	21
Figura 3.7 – Análise da Turbidez (Autor, 2018). .....	22
Figura 3.8 – Análise de cloretos (Autor, 2018). .....	22
Figura 3.9 – Análise da dureza (Autor, 2018). .....	23
Figura 3.10 – Análise da alcalinidade (Autor, 2018). .....	23
Figura 3.11 – a) Transferência de 100 ml de amostras para o frasco. b) Placas na estufa (Autor, 2018). .....	24
Figura 4.1 – Comportamento da potência de refrigeração em função da vazão (Autor, 2018). .....	25
Figura 4.2 – Carta Psicrométrica (Adaptado de ASHARE,1992). .....	28
Figura 4.3 – Aplicação dos dados (Adaptado de CATT3, 2018). .....	29
Figura 4.4 – Aplicação dos dados (Adaptado de CATT3, 2018). .....	29

Figura 4.5– a) Amostra de 24.000 BTU após a incubação. b) Indicadores da presença de E. coli através da fluorescência (Autor, 2018).....	33
Figura 4.6 – a) Amostra de 30.000 BTU após a incubação. b) Indicadores da ausência de E. coli através da fluorescência (Autor, 2018).....	33
Figura 4.7 – Esquema da estrutura coletora de água e do reservatório (Autor, 2018). ....	35
Figura 4.8 – Saída do dreno do ar para conexão dos tubos de PVC (Autor, 2018).....	35
Figura 4.9 – Conexão de PVC ligando cada aparelho até o reservatório (Autor, 2018).....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Disponibilidade hídrica no Nordeste (Adaptado de ANA).....	5
Tabela 3.1– Quantidade de aparelhos com suas respectivas potências de refrigeração (Adaptado, Prefeitura do campus, 2018).....	17
Tabela 4.1 – Vazão do condicionador de ar com respectivas capacidades (Autor, 2018). ....	25
Tabela 4.2 – Vazão semanal e mensal (Autor, 2018).....	26
Tabela 4.3 – Dados obtidos (Autor, 2018). ....	27
Tabela 4.4 – Resultados das análises físico-químicas da água condensada (Adaptado do Laudo da Análise Físico-Química da Água, 2018). ....	31
Tabela 4.5 – Resultados das análises microbiológicas da água condensada (Adaptado do Laudo da Análise Microbiológica da Água, 2018).....	34
Tabela A.1 – Verificação do Volume de Água Condensada (Autor, 2018).....	41
Tabela A.2 – Propriedades Termofísicas de Gases à Pressão Atmosférica (Adaptado de Incropera, 2018).....	43

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável, pois sem ela não existiriam condições de qualquer ser vivo sobreviver. Entretanto, devido ao consumo irresponsável da água, o aumento da contaminação por falta de saneamento, a escassez de chuvas por motivo das drásticas mudanças climáticas pelo qual no mundo passa, a água doce está diminuindo, sendo assim, necessário o uso racional e seu aproveitamento sustentável.

O planeta possui cerca de,  $1,37 \times 10^{18} \text{m}^3$  de água que é constituído por: água salgada que corresponde 97,5% e água doce que representa 2,5% do total. Segundo Victorino (2007), a água utilizável está nos rios, nos lagos, nas águas da chuva e na água subterrânea, onde todas juntas correspondem a apenas 1% do volume de água doce. Além disso, a visão para o futuro é bem pior, pois de acordo com a Organização das Nações Unidas (2009), a escassez de água potável afetará mais da metade da população mundial em até 50 anos. Com isso, serão colocadas em situação de risco a indústria, agricultura, além do ser humano.

O Brasil, apesar de possuir uma grande quantidade de água doce, com cerca de 12% do total existente no planeta de acordo com os dados da ANA, a distribuição natural desse recurso não é equilibrada, pois a região Norte, por exemplo, concentra aproximadamente 80% da quantidade de água disponível, mas representa apenas 5% da população brasileira. Já as regiões próximas ao Oceano Atlântico possuem mais de 45% da população, porém, menos de 3% dos recursos hídricos do país.

Uma das alternativas para preservação da água doce é a utilização da água proveniente dos condicionadores de ar, pois estes são usados em grande escala nas faculdades, residências, comércios, permitindo sua coleta e reaproveitamento para vários fins, como irrigação de jardins e limpeza de calçadas, obedecendo aos critérios estabelecidos pelo Ministério do Meio Ambiente, por meio da Resolução Nº430, de 13 de maio de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Portanto, este trabalho tem como objetivo verificar na prática e por meio de um programa e carta psicrométrica, o volume de água gerada pelo funcionamento dos condicionadores de ar, presentes no Centro de Ciências Tecnológicas da UEMA, localizada na cidade de São Luís/MA, observando se é possível atender a necessidade de irrigação, limpeza, entre outros, por meio de uma análise físico-química e microbiológica da água condensada gerada pelos aparelhos, além de propor uma proposta para captação da mesma.

## **1.1 Justificativa**

Com os problemas de escassez dos recursos hídricos, a sociedade busca novas opções para o aproveitamento de água, como a gerada pelos condicionadores de ar. Estes são utilizados tanto em residências, quanto em empresas e universidade, o que gera uma grande quantidade de água que poderia ser reaproveitada.

De acordo com Machado (2004), a crescente demanda por água tratada tem feito do reuso planejado de água um tema atual e de grande importância, principalmente na nova política nacional de recursos hídricos.

O presente trabalho é voltado para a análise quantitativa da água proveniente dos condicionadores de ar, onde se busca a obtenção de dados que proporcionem a implantação do projeto no Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Estadual do Maranhão, já que a utilização da água condicionada proporciona uma melhor economia da água potável que pode ser aproveitada na limpeza de banheiros, jardinagem, entre outros.

Desta maneira, torna-se importante saber e analisar a quantidade de água eliminada para então desenvolver e aperfeiçoar novas técnicas, objetivando a redução do consumo de água potável e preservação ambiental através do uso de um sistema renovável e sustentável, pois segundo Mota (2011), em média um ar-condicionado com 12000 BTU gera em torno de 300 mililitros de água por hora.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Verificar a quantidade de água produzida proveniente de condicionadores de ar localizados no Centro de Ciências Tecnológicas visando a possibilidade do seu aproveitamento e contribuição para sustentabilidade dos recursos hídricos.

### **1.2.2 Objetivo Específico**

- a) Definir o local e quais condicionadores de ar que serão analisados;
- b) Calcular a vazão produzida;
- c) Estudo e aplicação dos dados de um condicionador de ar na carta psicométrica;



- d) Analisar a qualidade da água;
- e) Coletar e analisar os dados;
- f) Propor uma readaptação da instalação dos condicionadores para o uso sustentável.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Recursos hídricos

Um recurso indispensável para a sobrevivência do ser humano é a água, seu volume na Terra está disponível em calotas polares, oceanos, rios, lençol freáticos e aquíferos, além da forma de vapor. Segundo a Agência Nacional das Águas (2018) 97,5% da água existente no mundo é salgada e dos 2,5% de água doce, como mostra a figura 1, a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% encontra-se nos rios e lagos.

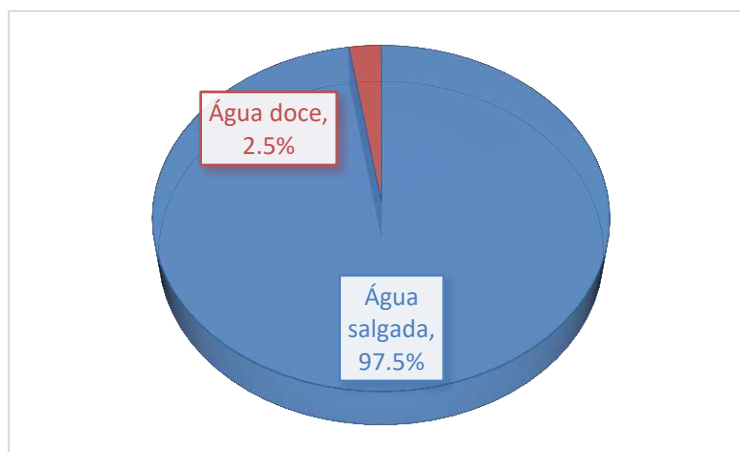


Figura 2.1 – Distribuição de água no mundo (Adaptado de ANA, 2001).

Com o aumento da população e o crescente desenvolvimento industrial, as fontes de água doce são afetadas, devido ao desmatamento, poluição, impermeabilidade do solo, assoreamento dos rios, entre outros fatores. De acordo com Machado (2003), mais de 1,3 bilhão de pessoas carecem de água doce no mundo, e o consumo humano de água duplica a cada 25 anos, aproximadamente. Com base nesse cenário, a água doce adquire uma escassez progressiva e um valor cada vez maior, tornando-se um bem econômico propriamente dito.

O Brasil possui uma posição de destaque em relação aos outros países, por possuir uma grande parcela de água doce. Entretanto, existe uma desigual distribuição regional dos recursos hídricos, pois a região Sudeste, que tem a maior concentração populacional (42,63% do total brasileiro), dispõe de apenas 6% dos recursos hídricos (MACHADO, 2003).

Além disso, o Brasil apresenta também problemas para conservação da água doce, pois além dos problemas que atingem todo o mundo, a falta de uma distribuição dos recursos

hídricos, segundo Tundisi (2008) causa inúmeros problemas econômicos e sociais, especialmente levando-se em conta a disponibilidade/demanda e saúde humana na periferia das grandes regiões metropolitanas do Brasil.

Com o intuito de orientar a gestão das águas foi elaborado o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecido pela Lei nº 9.433/97, tendo como objetivos específicos: “1) a melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em qualidade e quantidade; 2) a redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos e 3) a percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante”.

### 2.1.1 Recursos hídricos no Maranhão

O Maranhão é o estado nordestino que apresenta tanto um clima úmido da Amazônia quanto clima mais seco que caracteriza o semiárido nordestino. Segundo Suassuna (2004), o Maranhão possui uma bacia sedimentária riquíssima em água de subsolo – com cerca de 17,5 mil km<sup>3</sup>/ano – está numa classe considerada muito rica, pois tem condições de ofertar cerca de 17,2 mil m<sup>3</sup> para cada um de seus habitantes por ano, conforme a tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Disponibilidade hídrica no Nordeste (Adaptado de ANA).

<b>Estado</b>	<b>Disponibilidade hídrica per capta (m<sup>3</sup>/hab./ano)</b>	<b>Disponibilidade hídrica per capta por estado (m<sup>3</sup>/hab./ano)</b>
Maranhão	Muito rico (> 10.000)	17.184
Piauí	Rico (> 5.0000)	9.608
Bahia	Situação adequada (> 2.500)	3.028
Ceará	Pobres (< 2.500)	2.436
Rio Grande do Norte		1.781
Alagoas		1.751
Sergipe		1.743
Paraíba		1.437
Pernambuco	Situação crítica (< 1.500)	1.320

Entretanto, mesmo sendo o estado com mais disponibilidade de recursos hídricos do Nordeste o Maranhão juntamente com o Piauí se destacam como os estados com maiores problemas nos sistemas produtores de água, requerendo investimentos para ampliação das estruturas existentes em mais de 85% dos municípios (ANA, 2012). E entre os anos de 2012 a 2016 o Maranhão dos seus 217 municípios, 94 tiveram decretos por seca ou por estiagem, segundo os dados do Ministério da Integração Nacional.

A capital maranhense em 2016 de acordo com os dados do Sistema Nacional sobre Saneamento ocupava o quarto lugar, com relação ao desperdício de água com quase 70%. Com esse alerta encontra-se em vigor a Lei nº 6.317 de 29 de dezembro de 2017 que “disciplina a utilização de águas pluviais e a reutilização da água cinza nas mais novas edificações no âmbito do município e São Luís, e dá outras providências”, promovendo assim a conscientização da população. Além disso, uma das soluções simples e barata para preservação da água potável é a utilização da água proveniente de aparelhos de ar condicionados.

## 2.2 Mecanismo de funcionamento

Os condicionadores de ar que operam para a refrigeração do ambiente proporcionam a regulagem da temperatura do ambiente criando um conforto térmico (aquecendo ou esfriando). E segundo Stoecker e Jones (1985), o ar condicionado é definido como o processo de condicionamento de ar objetivando o controle de sua temperatura, umidade, pureza e distribuição no sentido de proporcionar conforto aos ocupantes do recinto condicionado.

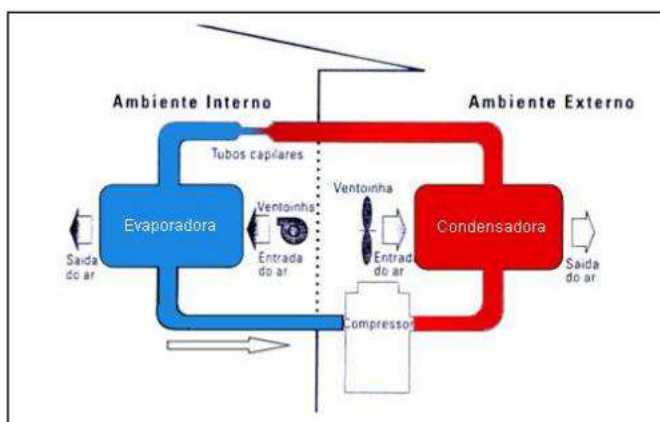


Figura 2.2 – Princípio de funcionamento do condicionador de ar (Adaptado de Antonovicz e Weber, 2013).

Na figura 2.2, é possível verificar o funcionamento do condicionador de ar, o compressor comprime o gás frio, fazendo com que ele se torne gás quente de alta pressão (em vermelho). Este gás quente corre através de um trocador de calor para dissipar o calor e se condensa para o estado líquido. O líquido escoar através de uma válvula de expansão e no processo ele vaporiza para se tornar gás frio de baixa pressão (em azul). Este gás frio corre através de trocador de calor que permite que o gás absorva calor e esfrie o ar de dentro do ambiente. Misturado com o fluido refrigerante, existe uma pequena quantidade de um óleo de baixa densidade que tem por função lubrificar o compressor junto com o processo (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

Os fluidos refrigerantes são usados no processo de refrigeração os hidroclorofluorcarbonos (HCFC) são menos nocivos a camada de ozônio do que os clorofluorcarbonos (CFCs), porém ainda contém cloro que destrói o ozônio, segundo Miller e Miller (2017). O HCFC mais utilizado é o R-22 que já vem sendo substituído pelo hidrofluorcarboreto (R-410A) por não afetar a camada de ozônio, não ser tóxico e nem inflamável.

## **2.3 Tipos de Condicionador de Ar**

Os condicionadores de ar podem ser classificados quanto à sua utilização, que podem ser: residencial, comercial, hospitalar ou automotivo. Quanto à sua capacidade, que podem ser: pequeno, médio ou grande porte, estes que irão depender da potência de refrigeração do aparelho, representada em BTU (*British Thermal Unit* – Unidade Térmica Britânica).

Além disso, os aparelhos podem ser classificados quanto ao tipo de sistema: expansão ou evaporação direta, quando se utiliza de forma direta um gás refrigerante para resfriar o ar a ser condicionado, mais empregado em instalações pequenas e médias ou expansão indireta, quando se utiliza um refrigerante intermediário que pode ser água ou salmoura, mais empregado em grandes instalações.

### **2.3.1 Condicionador de ar tipo Janela**

Nos aparelhos tipo janela todos os componentes (compressor, condensador e a evaporadora) são compactados em um único equipamento conforme a figura 2.3. Portanto, os

mecanismos que geram ruídos não são isolados, o som do funcionamento da máquina pode ser ouvido no ambiente (SCOECKER e JONES, 1985).

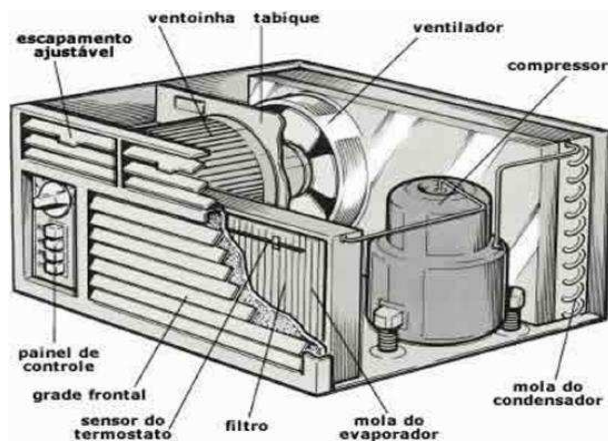


Figura 2.3 – Interior do condicionador de ar tipo janela (Adaptado de Rigotti, 2014).

Estes aparelhos também conhecido como de parede, apresentam uma instalação mais fácil e barata em relação aos modelos split, podem ser encontrados com potência entre 7000 BTU/h até no máximo a 30000 BTU/h, também, deseja maior eficiência que um modelo de ar condicionado portátil, além de atualmente, existirem versões digitais que oferecem diversas funcionalidades, arrefecimento e aquecimento, comando à distância, entre outros, garantindo tecnologia e conforto.

### 2.3.2 Split Hi-Wall

O condicionador de ar do tipo Hi-Wall é o mais comum, podendo ser encontrado nas residências, salas de universidades e estabelecimentos de pequeno porte, sua instalação permite ser na parede e diferente do tipo janela sua instalação é mais cara, pois é necessário fazer um furo na parede para a passagem da tubulação, além da fixação das bases na parede externa que servem de apoio para a unidade externa.



Figura 2.4 – Ar-Condicionado tipo split (Adaptado de Araújo, 2011).

A linha split traz muitas vantagens para os projetos, flexibilizando a escolha da localização da unidade evaporadora, permitindo um aproveitamento melhor dos espaços. O ideal é que a opção por utilizar split seja considerada na fase de projeto, pois pode-se prever soluções mais eficientes para a saída de dreno e tubulação de gás (GONÇALVES, 2005).

Uma característica importante é que a instalação do condensador é feita no ambiente externo já que se trata da parte ruidosa, deixando apenas a evaporadora no interior do ambiente, proporcionando um ambiente mais agradável. Os split estão disponíveis entre as capacidades de 7.000 BTU/h a 60.000 BTU/h.

### **2.3.3 Split Cassete**

É o modelo de condicionador de ar que apresenta até quatro vias para a saída de ar. A instalação pode ser feita tanto no forro, quanto no teto, garantindo uma melhor distribuição do ar no ambiente. Então disponíveis no mercado com as capacidades que variam de 18.000 a 60.000 BTU/h, indicado para ambientes de médio porte.

Uma das principais vantagens desse tipo de split é que ele fica embutido no teto, sem contar que é possível controlar o fluxo de ar em cada aleta, individualmente dependendo de cada fabricante (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).



Figura 2.5 – Split cassette (Adaptado de Araújo, 2011).

### 2.3.4 Split Piso-teto

Este aparelho proporciona um bom aproveitamento do espaço já que é indicado para instalações para ambientes que tenham um grande fluxo de pessoas e com o pé direito alto, devido a vazão de ar que é maior em comparação com os split hi-wall.

No sistema de expansão direta, os condicionadores de ares do tipo split piso teto foram projetados para atender grandes ambientes residenciais, comerciais e institucionais, com capacidade variando de 18000 a 80000 BTU. Estes equipamentos dispõem de maior vazão de ar e encontram-se disponíveis nas versões frio ou quente/frio (CALDAS e CAMBOIM, 2017).



Figura 2.6 – Split piso-teto (Adaptado de [www.dufrio.com.br](http://www.dufrio.com.br), 2018).

### 2.3.5 Split Built in



Os condicionadores de ar do tipo dutado apresentam capacidades disponíveis entre 18.000 e 60.000 BTU/h nas versões somente frio ou quente/frio (ciclo reverso). Indicados para ambientes de grande porte como shopping, auditórios, consultórios, entre outros, pois estes necessitam de uma melhor distribuição de ar.



Figura 2.7 – Split Built in (Adaptado de [www.carrierdobrasil.com.br](http://www.carrierdobrasil.com.br), 2018).

Normalmente instala-se um equipamento quando existem várias áreas necessitando ao mesmo tempo de condições de conforto semelhantes, ou quando há uma área muito grande onde o ar deva ser uniformemente distribuído (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

## 2.4 Carta Psicrométrica

As cartas psicrométricas são representações gráficas que apresentam as principais propriedades psicrométricas do ar que são umidade relativa, o volume específico do ar seco, temperatura de bulbo seco, a umidade absoluta, entalpia e temperatura de bulbo úmido, conforme a figura 2.8.

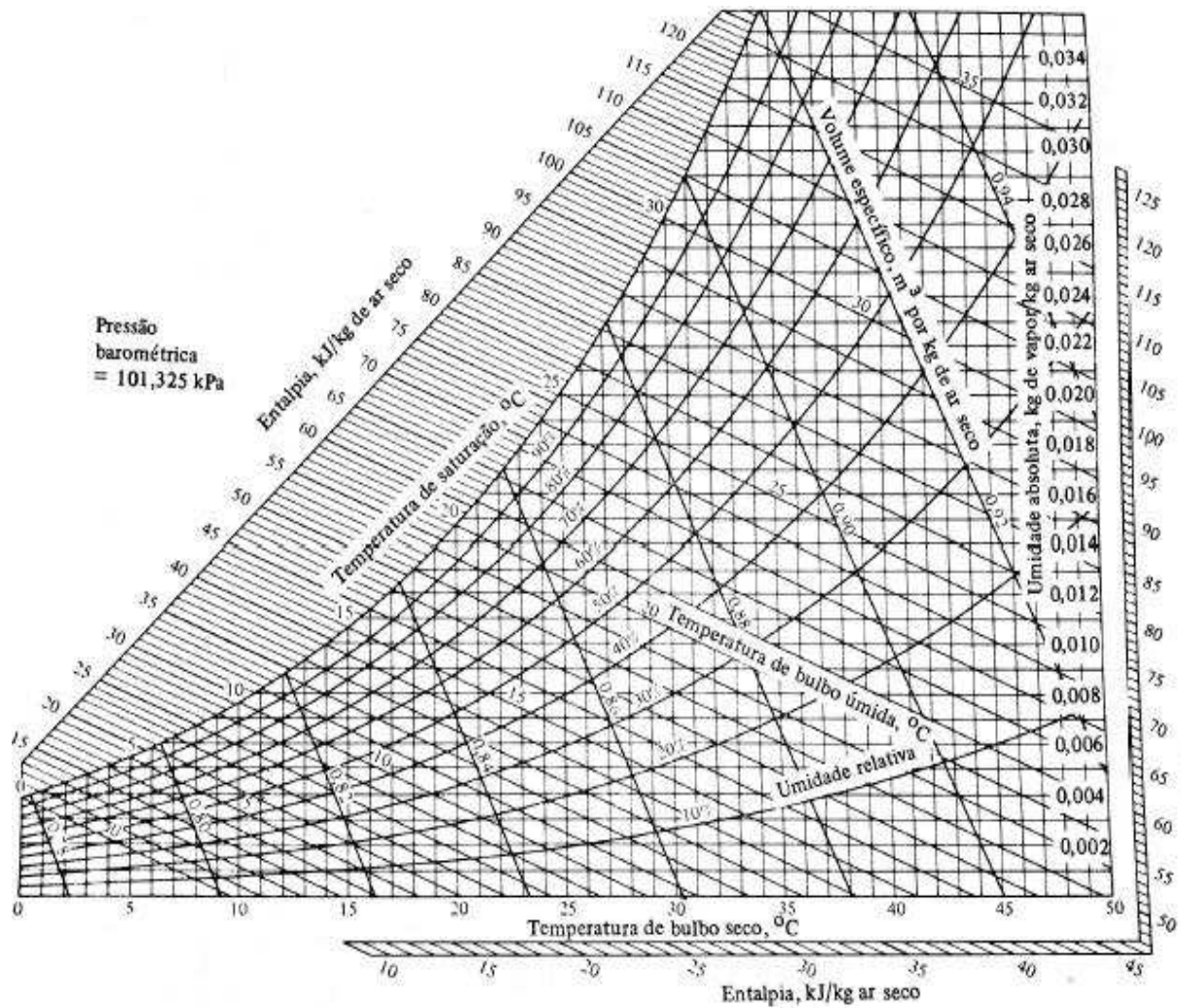


Figura 2.8 – Carta Psicrométrica (Adaptado de Stoecker e Jones, 1985).

### 2.4.1 Linha de Saturação

Segundo Stoecker e Jones (1985), a região à direita da linha de saturação representa a região de vapor superaquecido. Se o vapor superaquecido for resfriado a pressão constante, a linha de saturação será atingida, começando a condensação. Para a mistura ar-vapor de água se dá sobre a linha de saturação o ar diz-se saturado, já a direita da linha de saturação o ar não é saturado, conforme pode-se observar na figura 2.9.



Figura 2.9 – Linha de saturação (Adaptado de Miller e Miller, 2014).

### 2.4.2 Umidade Relativa

A umidade relativa é a razão entre a quantidade de vapor de água existente em uma certa massa de ar e aquela que ele teria se estivesse saturado à mesma temperatura a pressão total, como observa-se na figura 2.10.

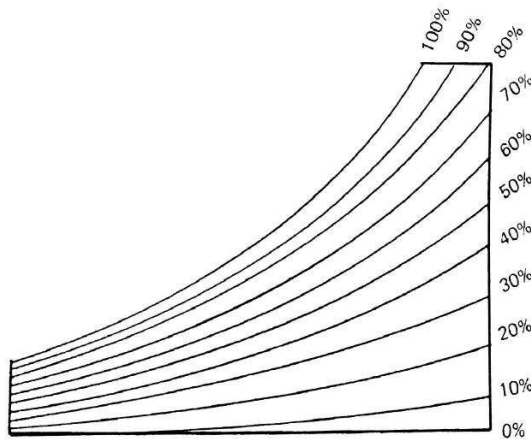


Figura 2.10 – Linhas de umidade relativa (Adaptado de Miller e Miller, 2014).

### 2.4.3 Entalpia

A entalpia ( $h$ ) de uma mistura de ar seco e vapor de água é a soma das entalpias dos componentes. Os valores da entalpia são sempre referidos a um estado de referência. O ar é admitido com entalpia nula à temperatura  $0^{\circ}\text{C}$ . Para o valor de água o estado de referência é o da água, líquido saturado a  $0^{\circ}\text{C}$  (STOECKER e JONES, 1985). Além disso, as linhas que representam a entalpia na carta psicrométrica são extensões das linhas de bulbo úmido, como observado na Figura 2.8.

### 2.4.5 Temperatura de Bulbo Seco e Temperatura de Bulbo Úmido

A temperatura de bulbo seco (TBS) é a temperatura do ar medida com um termômetro comum. Já a temperatura de bulbo úmido (TBU), segundo Schneider (2012) é a temperatura indicada pelo termômetro cujo bulbo está mergulhada numa mecha úmida. As temperaturas de bulbo úmido e seco (do ar) são usadas para o cálculo da UR ou do ponto de orvalho.

A temperatura de orvalho é a temperatura mais baixa em que o ar pode ser resfriado, sem ocorrer condensação de vapor de água, ou seja, é a temperatura em que a pressão parcial de vapor da água é igual à pressão de vapor saturado.

#### **2.4.6 Umidade Absoluta e Volume específico**

A umidade absoluta é a razão entre a massa de vapor de água e a massa de ar seco na mistura. Tanto o vapor de água como o ar podem ser admitidos como gases perfeitos nas aplicações usuais de ar condicionado (STOECKER e JONES, 1985).

Já o volume específico é definido como o volume por unidade de massa de ar seco, sendo definido como  $m^3$  por Kg de ar seco ( $m^3/kg$ ).

#### **2.5 Água condensada e seu aproveitamento**

As gotas de água que são expelidas pelo dreno, são formadas segundo Antonovicz e Weber (2013), quando a umidade do ambiente presente no ar que circula é diminuída devido à condensação que ocorre quando este entra em contato com a serpentina da evaporadora, mantida a uma temperatura inferior à do ponto de orvalho.

A água proveniente dos condicionadores de ar que escoam para o ambiente causa muito desconforto para os pedestres devido ao gotejamento nas calçadas, deixando-a escorregadia devido ao limo, além do acúmulo de resíduos e deterioração mais rápida da estrutura.

Muitas pessoas, ainda não notaram que a liberação da água pelos condicionadores de ar, podem somar vários litros em apenas um dia e com a correta canalização recebem um melhor destino como a irrigação de jardins, cultivos, limpeza de prédios, contribuindo para a prática sustentável, evitando o uso de água potável. De acordo com Rigotti (2014) o reúso de água é entendido como uma tecnologia desenvolvida em menor ou maior grau, dependendo dos fins ao qual se destina a água e de como ela tenha sido usada anteriormente.

## 2.6 Qualidade da água condensada

Com relação à qualidade da água, pode ser verificada no estudo de Carvalho (2012), que foi realizado no Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT), os materiais foram obtidos da saída da condensadora do aparelho de duas unidades administrativas, onde os parâmetros físico-químicos (pH; alcalinidade; concentração de cloretos; condutividade e dureza) foram comparados pela Portaria MS518/2005 do Ministério da Saúde. Esta já revogada e substituída pela Portaria nº 2.914, de 12/12/2011, não alterando os valores estabelecidos para os parâmetros analisados.

Os resultados em relação aos parâmetros de dureza, alcalinidade e cloretos, os valores encontrados estão bem abaixo ao recomendado pela Portaria MS518/2005. No entanto é necessária a verificação da presença de metais, entre eles alumínio que porventura possa ter sido carregado no processo de condensação. O valor de condutividade sugere a presença de íons provenientes do arraste do sistema de condensação do equipamento. O estudo sugere que a água que comumente é rejeitada apresenta grande potencial em oferecer a sociedade em geral uma alternativa viável de aproveitamento. (CARVALHO, 2012).

Outro estudo feito por Costa et al. (2016) na Universidade Federal de Ouro Preto, que coletaram amostras de água dos ar condicionados da instituição, onde analisaram os parâmetros microbiológicas obtendo resultados satisfatórios para à finalidade de irrigação. Constatando a presença de coliformes totais e bactérias heterotróficas e a ausência de coliformes fecais e salmonelas, que configuram um baixo nível de microrganismos nocivos à saúde humana. Além das análises físico-química (pH, turbidez, cloretos, condutividade, entre outros), que também foram satisfatórias para a finalidade de irrigação, não havendo restrições.

### 3 METODOLOGIA

Neste trabalho, a coleta de dados foi de caráter exploratório, pois foi utilizado pesquisas, bibliográficas de artigos, dissertações, livros, teses relacionadas ao tema. Além de descritiva, onde os dados foram observados, registrados e analisados em ambiente laboratorial e em campo.

#### 3.1 Área de estudos

O presente trabalho foi desenvolvido no Centro de Ciências Tecnológicas (CCT) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), localizada na cidade de São Luís/MA, onde está capital apresenta uma temperatura média de  $26,1^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar média acima de 80% de acordo com as Normas Climatológicas do Brasil, oferecida pelo Laboratório de Meteorologia da Universidade.

O CCT está localizado próximo ao Núcleo Tecnológico de Engenharia (NUTENGE) como é demonstrado na figura 3.1, funcionam laboratórios, salas de professores, auditório, departamentos, salas de aula, secretarias, entre outros. Este prédio possui 67 condicionadores de ar das mais variadas potências, segundo dados obtidos pelo setor de elétrica e refrigeração da Prefeitura do Campus (Tabela 3.1).



Figura 3.1 – Mapa da UEMA com localização do Centro de Ciências Tecnológicas. (Adaptado de Google Earth, 2018).

Tabela 3.1 – Quantidade de aparelhos com suas respectivas potências de refrigeração (Adaptado da Prefeitura do campus, 2018).

BTU/h	9.000	12.000	18.000	21.000	22.000	24.000	30.000	60.000
Quantidade	2	9	20	1	2	17	25	1

### 3.2 Determinação da vazão dos condicionadores de ar

Para quantificar a vazão dos condicionadores de ar, foram feitas cinco medições com duração de dez minutos no horário da manhã entre (08h50min a 09h20min), em diferentes dias utilizando um recipiente no qual a água era depositada, além da proveta graduada para auxiliar na medida e do cronometro para verificar o tempo, conforme verifica-se na figura 3.2.



Figura 3.2 – Materiais para coleta dos dados (Autor, 2018).

As medições referentes aos condicionadores de ar de 21.000 BTU/h, 22.000 BTU/h e 60.000 BTU/h não foram feitas nos aparelhos devido à disposição dos drenos terem inviabilizado a coleta da água. O que não ocorreu com os outros equipamentos de capacidade diferente.

Os condicionadores de ar selecionados estão localizados em: com capacidades de 9.000 BTU/h (Figura 3.3a) e 24.000 BTU/h (Figura 3.3b) estão no Departamento de Expressões Gráficas e Transporte. Já para os com capacidade de 12.000 BTU/h (Figura 3.3c) e 18.000 BTU/h (Figura 3.3d) estão localizados no Departamento de Hidráulica e Saneamento,

por fim o de 30.000 BTU/h os dados coletados foram da sala de aula do curso de Engenharia Civil.

Em todos os ambientes escolhidos do Centro de Ciências Tecnológicas apresentam um fluxo de pessoas, em destaque a sala de aula, o que proporciona a eliminação de água com mais intensidade.

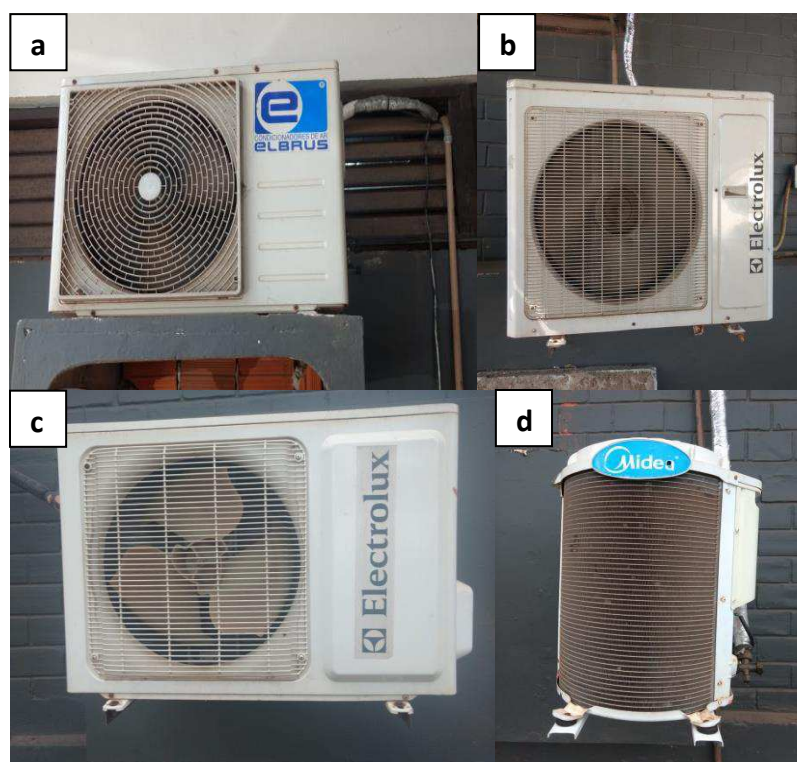


Figura 3.3 – Condicionadores de ar escolhidos para obtenção dos dados (Autor, 2018).

### 3.3 Materiais para o estudo em laboratório para determinação da vazão dos aparelhos

Para fins comparativos a respeito da vazão dos aparelhos, o presente trabalho realizou no Laboratório de Automação Pneumática e Hidráulica que possui área de 44,5 m<sup>2</sup>, localizado no NUTENGE, um estudo do condicionador de ar do laboratório que possui capacidade de 24.000 BTU/h, de marca LG, Vazão de 917 m<sup>3</sup>/h (Valor encontrado no item 4.3), com ar refrigerante R22. Pra isso, foi utilizando um termômetro digital penta III, um psicrômetro, além do estudo das cartas psicométricas e de um programa computacional termodinâmico conhecido como *Computer Aided Thermodynamic Table 3*.



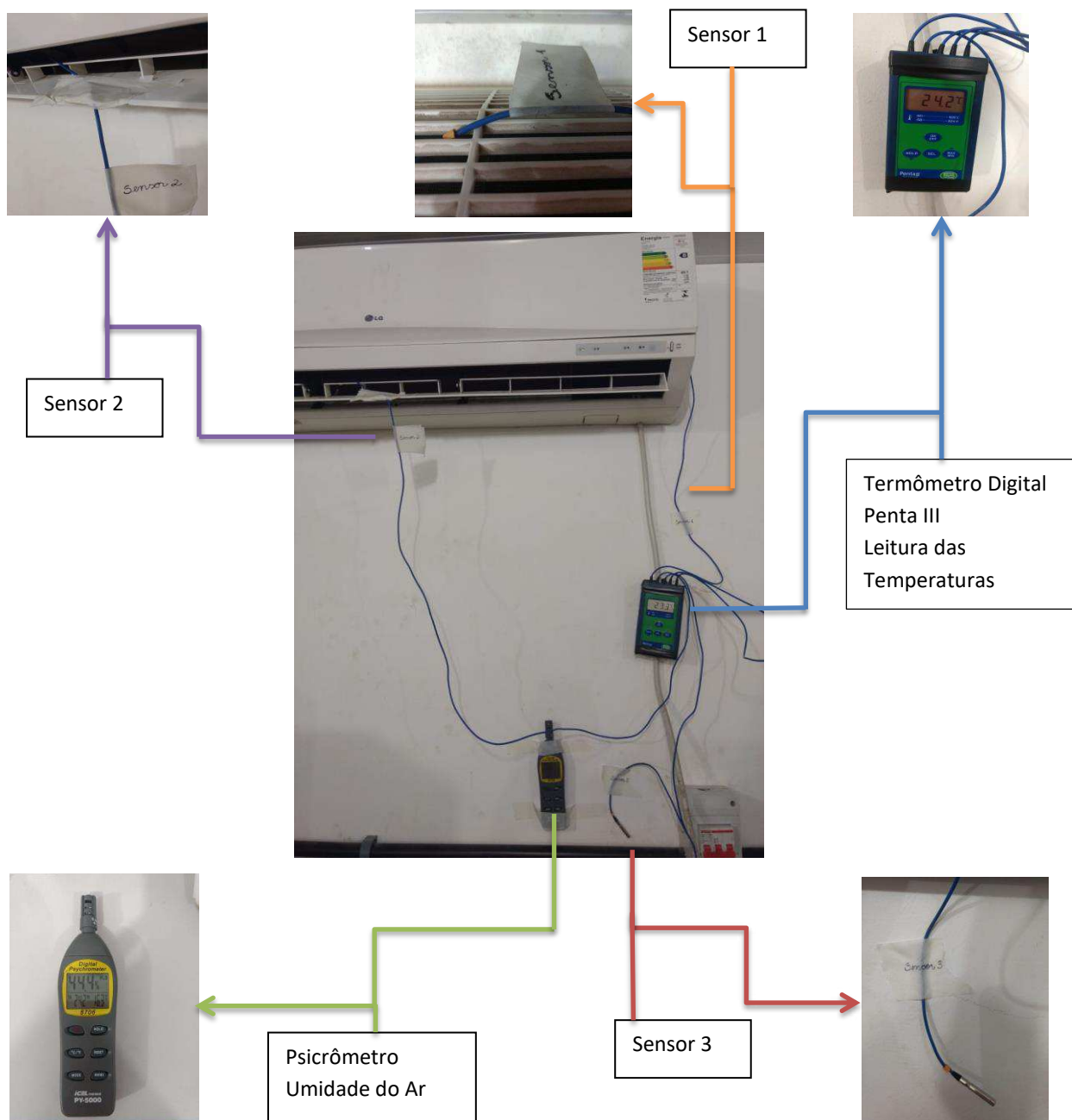


Figura 3.4 – Materiais para coleta dos dados no laboratório (Autor, 2018).

\*O posicionamento do psicrômetro é apenas ilustrativo, pois este para medição da umidade de entrada precisa ficar localizado na parte superior da evaporadora, próximo ao sensor 1.

### 3.3.1 Termômetro Digital Penta III

Para a determinação das temperaturas, foi utilizado o Termômetro Digital Penta III Full Gauge, que é responsável pelo monitoramento e indicação das temperaturas em cinco pontos distintos, sendo que neste trabalho foram utilizados apenas três sensores. O penta III é

excelente para medições de temperatura em aparelhos de ar condicionado central, automotivo ou de janela, freezers, entre outros (Full Gauge, 2018).

### 3.3.2 Psicrômetro

O equipamento utilizado para medir a umidade relativa foi o Psicrômetro Digital Icel PV500, este além da umidade também determina a Temperatura Ambiente (Bulbo seco – Db, Temperatura do Ar (Bulbo úmido – Wb), Temperatura Externa (Ex) e ponto de orvalho (DP). Na parte superior do psicrômetro se encontra o sensor interno que é protegido por uma tampa, mantida sempre fechada após o uso. Já a entrada do sensor externo fica do lado direito do instrumento logo abaixo do sensor interno.

### 3.4 Determinação da Vazão de ar

Como o condicionador de ar utilizado no experimento não dispõe do dado sobre a vazão de ar da evaporadora, houve a necessidade de utilizar o anemômetro digital, um equipamento destinado a medir a velocidade do ar, ou seja, mede a velocidade do vento ou ar em movimento. O modelo de anemômetro digital utilizado como mostra a figura 3.5 foi o ITAN 720, que além de medir a velocidade do vento, possui outras funções como a medição de vazão e temperatura por meio do seu termômetro.



Figura 3.5 – Verificação da velocidade do vento (Autor, 2018).

### 3.5 Determinação da qualidade da água

A análise qualitativa da água proveniente dos condicionadores de ar foi feita com base na Resolução 430, de 13 de maio de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Foram determinados os parâmetros físico-químicos e microbiológico de duas amostras uma de 30.000 BTU/h (sala de desenho) e outra de 24.000 BTU/h (Departamento de Engenharia das Construções e Estruturas). A análise físico-química foi realizada no Laboratório Físico-Químico de Alimentos e Água, já a análise microbiológica foi realizada no Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água, ambas do Centro de Ciências Agrária da Universidade Estadual do Maranhão.

#### 3.5.1 Análise do pH

O equipamento necessário para a medição de pH é o pHmetro, este é calibrado e os eletrodos são lavados com água destilada e, em seguida são inseridos nas amostras de água para leitura do pH, os dados foram registrados de ambas as amostras de 24.000 BTU/h e 30.000 BTU/h.



Figura 3.6 – Análise do pH (Autor, 2018).

#### 3.5.2 Análise de Turbidez

O aparelho utilizado para a análise da turbidez é o turbidímetro, este aparelho é constituído de um nefelômetro, sendo a turbidez expressa em unidades nefelométricas de turbidez (UNT). O método é baseado na comparação da intensidade de luz espalhada pelas

amostras de 24.000 BTU/h e 30.000 BTU/h em condições definidas, com a intensidade da luz espalhada por uma suspensão considerada padrão, conforme a figura 3.7.



Figura 3.7 – Análise da Turbidez (Autor, 2018).

### 3.5.3 Análise de Cloretos

Com o auxílio de uma proveta graduada é separado 50 ml de amostra e em seguida adicionado em um Erlenmeyer. Com uma pipeta foi adicionada a solução de cromato de potássio a 5%, obtendo a coloração amarelada. E por fim titular a solução padronizada de Nitrato de prata anotando os valores gastos até a viragem da coloração para a cor laranja (Figura 3.8).



Figura 3.8 – Análise de cloretos (Autor, 2018).

### 3.5.4 Análise de dureza

Para a determinação da dureza da água é necessário a separação de 10 ml da amostra utilizando uma proveta graduada, em seguida adicionando no Erlenmeyer. Com uma pipeta

retirar 2 ml da solução de tampão (hidróxido de amônia) e adicionar à solução. Após adição do tampão junto a amostra, adiciona-se uma pequena quantidade de negro de Eriocromo T obtendo uma coloração vermelho-púrpura, por fim titular a amostra com solução de EDTA 0,01M até a viragem para coloração azul, como mostra a figura 3.9.



Figura 3.9 – Análise da dureza (Autor, 2018).

### 3.5.5 Análise de alcalinidade

Com o auxílio da proveta graduada é separado 50 ml da amostra e colocado no Erlenmeyer. Com a pipeta é colocado três gotas do indicador o que faz com que a solução apresente uma coloração azul, para finalizar é necessário titular com a solução de ácido sulfúrico anotando o volume gasto até a mudança da cor azul para amarelada, como mostra a figura 3.10.



Figura 3.10 – Análise da alcalinidade (Autor, 2018)

### 3.6 Análise microbiológica da água condensada

Para a análise microbiológica foi utilizado o método Colilert, onde foram retirados de cada amostra (24.000 e 30.000 BTUs) 100mL e transferidos para os frascos (Figura 3.11a), em seguida é adicionado o meio desidratante Colilert aos 100mL das amostras e agita-se até dissolver por completo. Por fim, as soluções são transferidas para as cartelas estéreis, que são seladas e colocadas para incubar na estufa, conforme a Figura 3.11b.

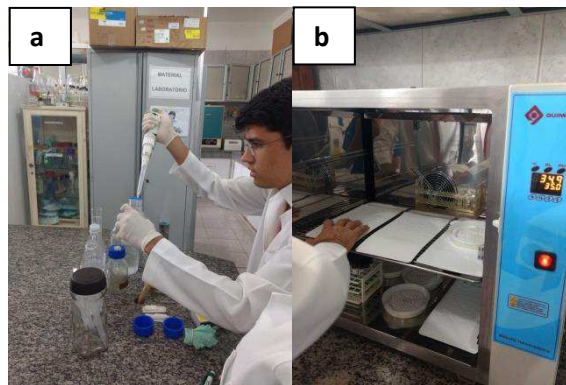


Figura 3.11 – a) Transferência de 100 ml de amostras para o frasco. b) Placas na estufa (Autor, 2018).

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Vazão dos aparelhos

Com as cinco medições feitas em cada condicionador de ar, foram encontradas para cada potência de refrigeração suas respectivas vazões, expostas na tabela 4.1. Já a Figura 4.1 demonstra como a vazão aumenta de acordo com a potência do aparelho, dessa forma o aparelho de menor potência apresenta menor vazão, não mantendo uma linearidade em nenhum dos resultados.

Tabela 4.1 – Vazão do condicionador de ar com respectivas capacidades (Autor, 2018).

BTU/h	Vazão (L/h)
9000	1,48 (L/h)
12000	1,73 (L/h)
18000	2,53 (L/h)
24000	3,41 (L/h)
30000	5,50 (L/h)

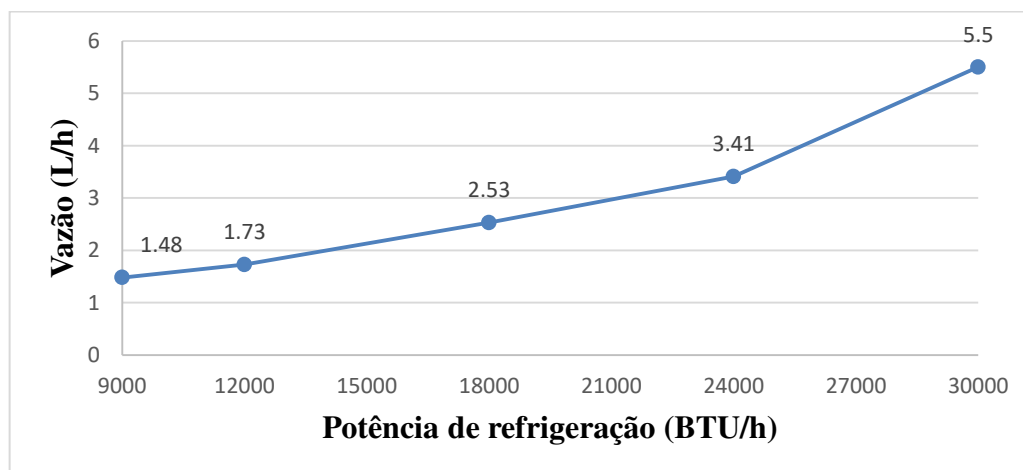


Figura 4.1 – Variação da vazão em função da potência de refrigeração (Autor, 2018).

Nos aparelhos de 9.000 e 12.000 BTUs as vazões encontradas foram relativamente próximas cerca de 1,5 L/h, esta sendo divergente ao valor encontrado por Rigotti (2014), onde seu estudo foi desenvolvido na cidade de Panambi/RS e encontrou uma vazão de 1L/h para um aparelho de 12.000 BTU. Além disso, para os condicionadores de ar de 18.000 e 24.000 BTUs os valores obtidos também ficaram acima do encontrado por Pimenta (2016), em seu estudo na cidade de Natal/RN, onde encontrou vazões entorno de 1,13 L/h e 2,25 L/h.

Os resultados divergentes obtidos neste trabalho sofre influência da umidade relativa do ar que determina que para umidades relativas maiores o funcionamento dos aparelhos geram maiores vazões, pois possui mais partículas de água em suspensão no ar. Além da circulação de pessoas, manutenção dos aparelhos, entre outros fatores, que caracterizam a determinação da quantidade de água que o condicionador de ar libera por meio dos drenos.

Considerando-se que o Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Estadual do Maranhão, funcione em média 13h por dia de segunda a sexta e 6h no sábado, portanto tem-se um funcionamento de 71h por semana ou 284h por mês, obtendo uma vazão média em cada aparelho, como demonstrado na Tabela abaixo.

Tabela 4.2 – Vazão semanal e mensal (Autor, 2018).

BTU/h	Vazão semanal (L/h)	Vazão mensal (L/h)
9000	105,08	420,32
12000	122,83	491,32
18000	179,63	719,52
24000	242,11	968,44
30000	390,5	1562,00

Portanto, conforme a Tabela 4.2 os condicionadores de ar somaram cada um, uma quantia de água condensada considerável durante uma semana e mês, o que possibilita o desenvolvimento de projetos permitindo a reutilização em práticas sustentáveis. Estes projetos são considerados simples e baratos de serem realizados, além de propor uma economia para a instituição.

#### **4.2 Resultado do experimento em Laboratório**

Os dados obtidos foram anotados a cada hora, conforma a tabela 4.3. Primeiramente foi analisada a Temperatura de Entrada na Unidade Evaporadora (Sensor 01), a Umidade de Entrada informada pelo Psicrômetro, e a Temperatura de Saída da Unidade Evaporadora (Sensor 02), onde foram registrados na Carta Psicrométrica.



Tabela 4.3 – Dados obtidos (Autor, 2018).

Capacidade: 24.000 BTU/h						
Marca: LG						
Horário	Temp. Sala °C	Temp. Ent. °C Sensor 01	Umidade Ent %	Temp. Saída. °C Sensor 02	Água Prod. (mL)	Taxa de Cond.
08h30min	25,2	25,1	57,5	10,4	0	0
09h30min	23,1	23,8	38,1	6,8	1235	0,0008509
10h30min	23,3	24,2	43,5	7,2	905	0,001876
11h30min	23,1	23,7	44,9	7,5	560	0,001758
12h30min	23,1	23,5	45,6	7,6	455	0,001742

Após a análise dos dados é utilizado à carta psicrométrica para demonstrar em qual momento haverá a obtenção da água condensada, no horário de 09h30min. Portanto, conforme a Figura 4.2, observa-se que quando há diminuição da temperatura de bulbo seco ( $\cong 24^{\circ}C$  á  $\cong 7^{\circ}C$ ), ocorre à condensação de vapor de água presente no ar, no instante em que ultrapassa a linha de saturação, ou seja, a água condensada surge no momento em que a umidade do ar é resfriada a uma temperatura inferior à sua temperatura de orvalho.

Além disso, a umidade absoluta também é influenciada, pois ocorre a sua diminuição, conforme a figura 4.3. Entretanto, a umidade absoluta utilizada na carta psicrométrica é a máxima ( $\cong 0,007$  kg de vapor/kg de ar seco), para que a temperatura fique abaixo da temperatura de saturação.



### 4.3 Programa de Termodinâmica

Para a comprovação das variáveis coletadas no condicionador de ar do laboratório, foi utilizado o programa chamado *Computer Aided Thermodynamic Tables 3*, onde foram inseridos os dados obtidos nos sensores do Penta III e Psicrômetro.

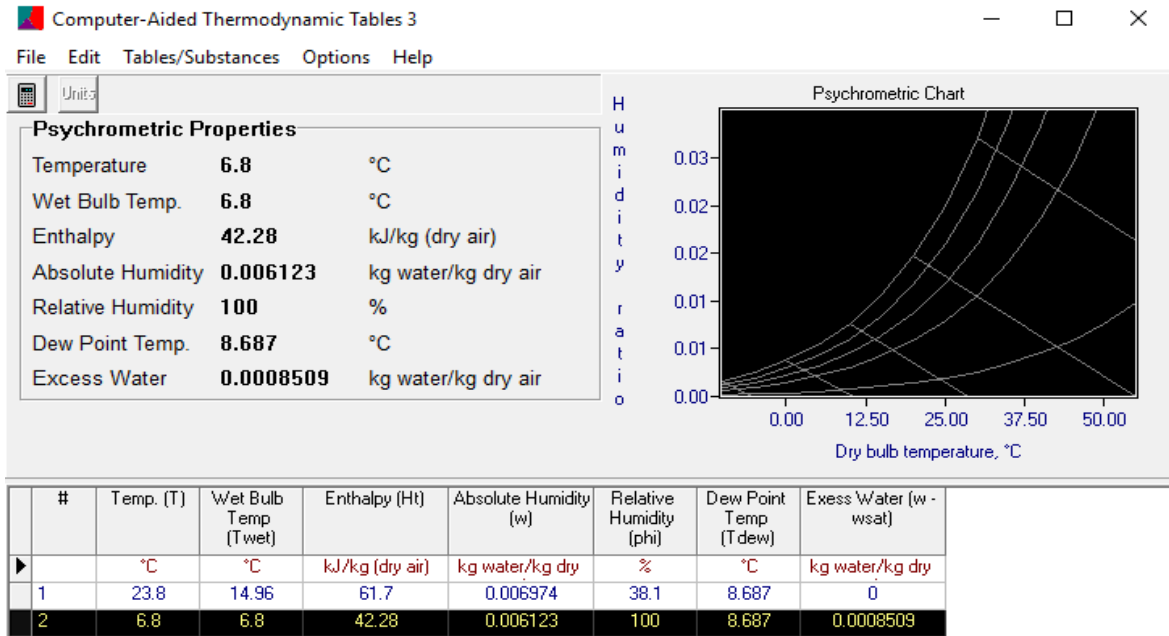


Figura 4.3 – Aplicação dos dados (Adaptado de CATT3, 2018).

Para obtenção dos resultados da Figura 4.3, primeiramente foi marcando no software a opção 2 é inserido a Temperatura (T) de entrada da Unidade Evaporadora (Sensor 01) e Umidade Relativa ( $\phi$ ), conforme a Figura 4.4a. Logo após é marcado a opção 1 do software, inserido a Temperatura na Saída da Unidade Evaporadora (Sensor 02), juntamente com a Umidade Absoluta (w), de acordo com a Figura 4.4b.

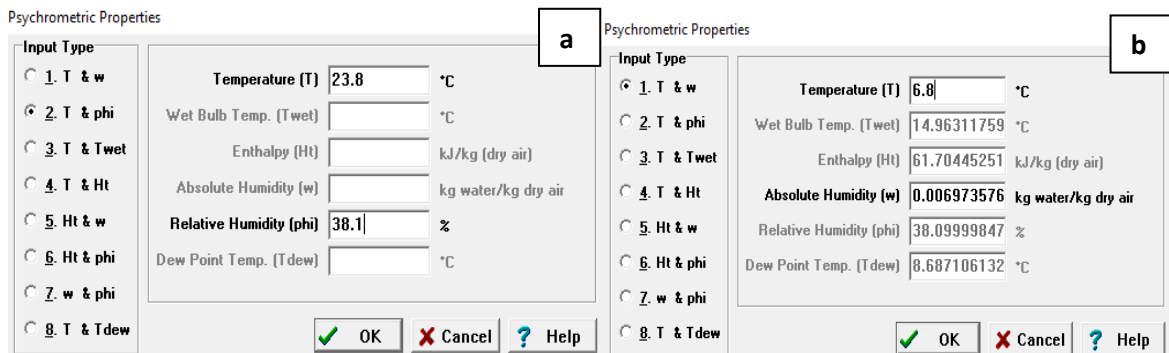


Figura 4.4 – Aplicação dos dados (Adaptado de CATT3, 2018).

- O resultado do software em kg de água por kg de ar foi: 0,0008509 (kg water/kg dry), como é demonstrado na Figura 4.3.

- Determinação da vazão de ar do equipamento.

Para determinação da vazão foi utilizado o anemômetro verificando a velocidade do vento em cinco pontos distintos na entrada da Unidade Evaporadora, somando os valores e em seguida tirando à média.

$$3,5 + 3,3 + 3,5 + 3,2 + 4,4 = 17,9 \text{ m/s} \quad (4.1)$$

$$\text{Média} = \frac{17,9}{5} \therefore = 3,58 \text{ m/s} \quad (4.2)$$

Após a determinação da velocidade média é calculado a área da saída de ar da Unidade Evaporadora.

$$\text{Área} = 83,7 \times 8,5 \therefore = 711,45 \text{ cm}^2 \text{ ou } 0,071145 \text{ m}^2 \quad (4.3)$$

São multiplicados os valores, para obter a vazão do ar, convertendo de segundo para hora:

$$Q = 0,071145 \times 3,58 \times 36000 \therefore \cong 917 \text{ m}^3/\text{h} \quad (4.4)$$

- O valor da vazão de ar do equipamento de capacidade de 24.000 BTU/h é 917 m<sup>3</sup>/h.

Em seguida verificou-se a densidade do ar para a temperatura de saída do ar na Unidade Evaporadora, observando a necessidade de conversão de C (Celsius) em K (Kelvin). Para coletar este dado é necessário ir à Tabela A.2 Propriedade Termofísicas de Gases à Pressão Atmosférica, em anexo.

$$\text{Horário de coleta } 9\text{h}30\text{min} \rightarrow 6,8^\circ\text{C} + 273 \cong 280 \text{ K} \quad (4.5)$$

Como na tabela em anexo, não apresenta o valor da densidade do ar para a temperatura solicitada, houve a necessidade de se fazer interpolação chegando ao valor aproximado de  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ .

- Cálculo da Vazão Mássica do Ar

$$\dot{m}_{ar} = Q \times \rho = 917 \times 1,25 \therefore 1146,26 \text{ kg/h de Ar seco} \quad (4.6)$$

Onde:

$Q$ : Vazão de Ar do Evaporador;

$\rho$ : Densidade Relativa do Ar.

- Cálculo da Vazão Mássica Água

$$\dot{m}_{agua} = \dot{m}_{ar}(w - w_{sat}) = 1146,26 \times 0,0008509 \frac{\text{kg}_{agua}}{\text{kg}_{ar \text{ seco}}} \therefore 0,975 \text{ kg/hora} \quad (4.7)$$

O horário de 09h30min foi o que apresentou o valor mais próximo do resultado obtido no ar-condicionado do laboratório verificado na prática, segundo Rigotti as diferenças significativas de valores podem ser justificadas pelos meios de mensuração das variáveis, variáveis estas coletadas a campo com equipamentos de medição não tão eficazes como de um laboratório de refrigeração.

$$Erro = \frac{(1,23 - 0,975) \times 100\%}{1} = 25,5\% \quad (4.8)$$

Onde:

1,23 kg = coleta na prática;

0,975 kg = programa termodinâmico.

#### 4.4 Resultado da análise físico-química da água condensada

As análises físico-químicas foram satisfatórias para a finalidade de irrigação, não havendo restrições, conforme os parâmetros de dureza, alcalinidade, pH, cloretos e turbidez recomendado pela Resolução N°430, de 13 de maio de 2011 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Entretanto é importante verificar a presença de metais, entre eles, o alumínio que porventura possa ter sido carregado no processo de condensação (CARVALHO, 2012).

Tabela 4.4 – Resultados das análises físico-químicas da água condensada (Adaptado do Laudo da Análise Físico-Química da Água, 2018).

Parâmetros	Capacidades	Unidades	Valores Encontrados	Resolução N°430
pH	24.000 BTU/h	-	6,85	5,0 a 9,0
Alcalinidade		mg/L	8,0	NC*
Dureza		mg/L	Ausente	≤500,0
Cloretos		mg/L	42,54	≤250
Turbidez		U.N.T	0,01	100
pH	30.000 BTU/h	-	6,96	5,0 a 9,0
Alcalinidade		mg/L	18,0	NC*
Dureza		mg/L	Ausente	≤500,0
Cloretos		mg/L	42,54	≤250
Turbidez		U.N.T	0,03	100

\*NC: Não Consta na Resolução N°430/ CONAMA de 13/05/2011.

#### **4.4.1 Resultado da análise do pH**

De acordo com os resultados as duas amostras (6,85 e 6,96) se enquadram dentro dos valores recomendados, pois os valores impostos pela Resolução N° 430 ficam entre 5,0 e 9,0. Dessa forma, abaixo de 5,0 são considerados como pH ácidos, e acima de 9,0 são tidos como alcalinos, que não atendem a legislação vigente.

#### **4.4.2 Resultado da análise de Turbidez**

As duas amostras (0,01 e 0,03) apresentaram valores abaixo do padrão, obedecendo ao parâmetro imposto pela Resolução. Segundo Nogueira, Costa e Pereira (2015) a turbidez é uma característica física da água, decorrente da presença de substância em suspensão, ou seja, sólidos suspensos, finamente divididos ou em estado coloidal, e de organismos microscópicos.

#### **4.4.3 Resultado da análise de Cloretos**

Os resultados das análises de cloretos em ambas as amostras mostram o mesmo valor de 42,54 mg/L, que ficam dentro do permitido pela Resolução, que para este parâmetro é de 250 mg/L. Segundo Vasconcelos e Silva (2012) o excesso desse íon pode representar foco de contaminação fecal, devido ao fato de urina em esgotos domésticos. Além disso, os altos níveis de cloretos podem causar a corrosão em tubulações, formar incrustação em pisos, entre outros problemas.

#### **4.4.4 Resultado da análise de dureza**

Nas duas amostras analisadas ficaram abaixo de 50 mg/L CaCO<sub>3</sub> que caracteriza água mole. Segundo Vasconcelos e Silva (2012) menor que 50 mg/L CaCO<sub>3</sub> água mole, entre 50 e 150 mg/L CaCO<sub>3</sub> água com dureza moderada, entre 150 e 300 mg/L CaCO<sub>3</sub> água dura e maior que 300 mg/L CaCO<sub>3</sub> água muito dura. Para o consumo humano a dureza máxima é de 500 mg/L CaCO<sub>3</sub>.

#### 4.4.5 Resultado da análise de alcalinidade

Para o estudo da alcalinidade não é estabelecido um valor na Resolução N°430, de 13 de maio de 2011 do Conselho Nacional de Meio Ambiente. Entretanto, as águas naturais da superfície do Brasil apresenta alcalinidade inferior a 100 mg/L CaCO<sub>3</sub>, indicando que os resultados encontrados estão adequados.

#### 4.5 Resultado da análise microbiológica da água condensada

Após a incubação de aproximadamente 24 horas foi constatado, a presença de *Escherichia coli* na amostra de 24.000 BTU, pois os poços de cor amarela (Figura 4.5a) perante a luz UV adquirem fluorescência, como observado na Figura 4.5b. Já para a amostra de 30.000 BTU ocorreu a ausência de *E. coli* (Figura 4.6). Em ambas as amostra foi constatada a presença de Coliformes totais, que é representada pela coloração amarelada.

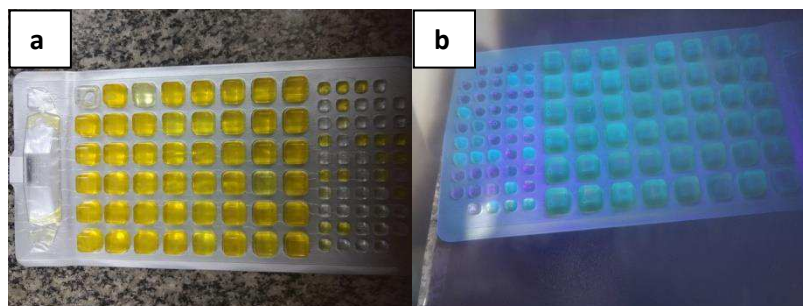


Figura 4.5 – a) Amostra de 24.000 BTU após a incubação. b) Indicadores da presença de *E. coli* através da fluorescência (Autor, 2018).

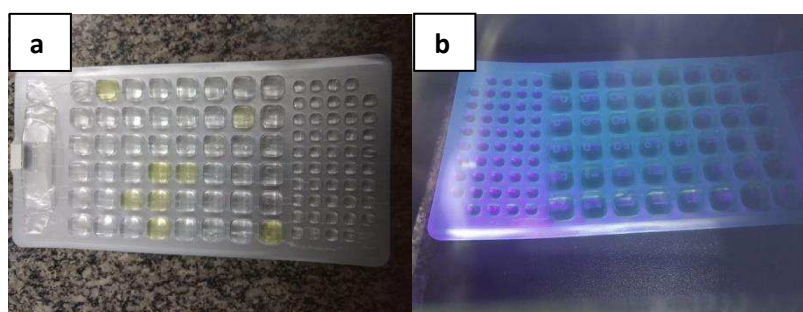


Figura 4.6 – a) Amostra de 30.000 BTU após a incubação. b) Indicadores da ausência de *E. coli* através da fluorescência (Autor, 2018).

Portanto, com os resultados obtidos da amostra de 30.000 BTU indica que a água obtida do condicionador de ar pode ser utilizada para irrigação. Entretanto de acordo com a

Resolução 430, de 13 de maio de 2011 – CONAMA, o alto índice de *Escherichia coli* e Coliformes totais da amostra de 24.000 BTU apresenta uma qualidade insatisfatória (Tabela 4.5), esta pode ter sofrido influência da proximidade do banheiro feminino, além da tubulação que está conectada com o dreno já ser muito antiga. Para que a água deste aparelho seja utilizada é necessária à limpeza do condicionador de ar e higienização com hipoclorito de sódio, além da substituição da tubulação conectada com o dreno por uma nova.

Tabela 4.5 – Resultados das análises microbiológicas da água condensada (Adaptado do Laudo da Análise Microbiológica da Água, 2018).

Capacidade	Resultado das análises	Limite microbiológico permitido
24.000 BTUs	2.755 / NMP/ 100 mL	1.000/ NMP*/ 100 mL para <i>Escherichia coli</i>
30.000 BTUs	<10 / NMP/ 100 mL	
24.000 BTUs	3.255/ NMP/ 100 mL	NC* para Coliformes totais
30.000 BTUs	86/ NMP/ 100 mL	

\*NMP: Número Mais Provável; \*NC: Não Consta na Resolução.

#### 4.6 Proposta de um Sistema de Captação

Com os dados coletados é possível o desenvolvimento de uma proposta de projeto sobre o sistema de captação da água dos condicionadores de ar, no qual esta vai ser armazenada em um reservatório, sendo utilizada para: a irrigação dos jardins ao redor do prédio, lavagens de pisos, banheiros, entre outros.

A água expelida pelo condicionador de ar é imprópria para o consumo humano, conforme os dados da análise microbiológica (Tabelas 4.5). Entretanto, pode ser utilizada para limpezas e irrigação, apesar de uma das amostras ter apresentado um índice elevado de *Escherichia Coli*, que pode ser eliminada como já foi mencionado no tópico 4.5 por hipoclorito de sódio. Já para as análises físico-químicas, não houve necessidade de se passar por um tratamento.

O projeto para captar água proveniente dos condicionadores de ar é simples e seu custo é viável, pois o material e a mão de obra são baixos. Neste trabalho a área escolhida para a futura implantação do projeto é a que engloba os laboratórios de informática e simulação que juntamente com a sala do chefe dos laboratórios, somam uma quantia de seis condicionadores de ar.



As capacidades dos condicionadores de ar da área dos laboratórios são: quatro de 24.000 BTU/h, um de 22.000 BTU/h e um de 9.000 BTU/h, o que levando em consideração resultados dos ares-condicionados analisados na Tabela 4.2 deste trabalho pode-se ter uma vazão de 4.294,08 litros em um único mês, observando que a quantidade de litros só não foi maior, porque não foi possível obter os dados do condicionado de ar de 22.000 BTU, pois durante o período de coleta o mesmo se encontrava em manutenção.

Na figura 4.7, o croqui demonstra a proposta para os seis aparelhos que são dispostos em série, onde a tubulação por consequência também é instalada em série, e é direcionada para o reservatório. A tubulação de PVC deverá ser instalada ao final dos drenos dos condicionadores de ar do tipo Split. A disposição das unidades condensadoras facilita a conexão de todos os aparelhos, que podem ser alinhados para a coleta de água da unidade evaporadora.

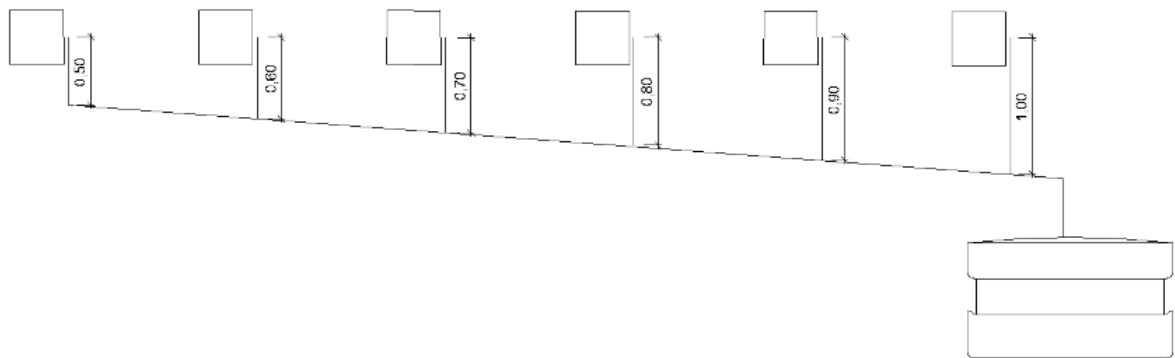


Figura 4.7 – Esquema da estrutura coletora de água e do reservatório (Autor, 2018).

As tubulações de PVC são conectadas na saída de cada mangueira de dreno, para que a água condensada gerada escorra para dentro da conexão, conforme demonstra a Figura 4.8, como exemplo.

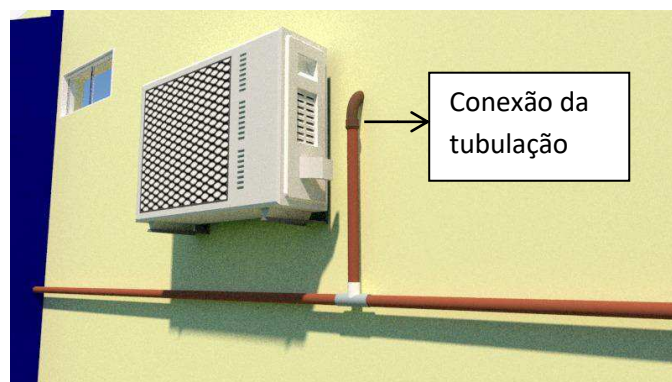


Figura 4.8 – Saída do dreno do ar para conexão dos tubos de PVC (Autor, 2018).

Após os tubos de PVC serem conectados com todas as mangueiras de dreno, a água condensada é direcionada em um único sentido, observando necessidade de um pequeno declive para facilitar o fluxo da água em direção ao reservatório, de acordo com a Figura 4.9.



Figura 4.9 – Conexão de PVC ligando cada aparelho até o reservatório (Autor, 2018).

## 5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A escassez de recursos hídricos impõe a necessidade de implantações de alternativas para o reaproveitamento da água, combatendo o desperdício da água potável e assim promover a sustentabilidade. Sendo assim, a água proveniente dos condicionadores de ar se mostrou uma boa alternativa, para diversos fins que não exijam muita qualidade, como limpeza de áreas externas, irrigação, lavagem de banheiros, entre outros.

Neste trabalho, observou-se que a água condensada gerada pelos condicionadores de ar aumenta conforme a capacidade em BTU/h do aparelho. Concluindo que a quantidade de água produzida por cada equipamento analisado é significativo, o que possibilita o desenvolvimento de projetos para a captação desta.

Para fins comparativos com os resultados obtidos na prática, foram utilizados a carta psicrométrica e um programa da termodinâmica conhecido como *Computer Aided Thermodynamic Tables 3* em um condicionador de ar de 24.000 BTU/h de marca LG e refrigerante R22 do Laboratório de Automação Pneumática e Hidráulica. Os resultados obtidos comprovaram que há existência nessas condições de condensação da água, apesar de terem uma diferença de 25% de água condensada produzida na prática, em relação com o programa termodinâmico.

Na qualidade da água condensada, verificou-se que não houve grandes variações nos parâmetros físico-químicos, o que se mostrou satisfatório para o uso não potável, mantendo-se dentro do recomendado. Entretanto, para os parâmetros microbiológicos, uma das amostras apresentou resultados acima do permitido, sendo necessário um tratamento simples, o que possibilita no futuro a utilização da água.

Portanto, como o homem busca por conforto térmico, o aumento de condicionadores de ar é esperado, logo a não utilização da água proveniente destes equipamentos já pode ser considerada como desperdício, por isso a implantação de projetos para o aproveitamento da água condensada não traria apenas benefícios econômicos para a universidade, mais também ambientais, pois com práticas sustentáveis como está, incentiva o uso racional da água.

Para trabalhos futuros na mesma linha de pesquisa, pode-se verificar se a água condensada gerada atende com a demanda de limpeza e irrigação do prédio, calcular a quantidade de materiais necessários para a implantação do projeto, assim como calcular o retorno econômico para o Centro de Ciências Tecnológicas da UEMA.

## REFERÊNCIAS

- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília, 2001. 2ª Ed. Disponível em: <  
[http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/Introducao\\_Gerenciamento\\_2001.pdf/9e23b541-6d94-4308-ba75-47c2245db2be](http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/Introducao_Gerenciamento_2001.pdf/9e23b541-6d94-4308-ba75-47c2245db2be)>. Acesso em 01 set. 2018.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Quantidade de água**. Disponível em: <  
<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em: 01 set. 2018.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Situação da Água no Mundo**. Disponível em: <  
<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>>. Acesso em: 01 set. 2018.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A questão da água no Nordeste**. Brasília, 2012. Disponível em: <  
<http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/669/4/A%20quest%C3%A3o%20da%20%C3%A1gua%20no%20Nordeste.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2018.
- ANTONOVICZ, Diego; WEBER, Rhuann Georgio Bueno. **PMOC – Plano de Manutenção Operação e Controle nos condicionadores de ar do Campus Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. TCC – Curso de graduação e tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira. 2013. Disponível em: <  
[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1380/1/MD\\_COMIN\\_2012\\_2\\_10.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1380/1/MD_COMIN_2012_2_10.pdf)>. Acesso em: 06 set. 2018.
- ARAUJO, Eliete de Pinho. **Apostila de ar condicionado e exaustão**. 2011. Disponível em: <  
[file:///C:/Users/roger/Downloads/Apostila%20ar%20condicionado%2010.2011%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/roger/Downloads/Apostila%20ar%20condicionado%2010.2011%20(4).pdf)>. Acesso em: 16 set. 2018.
- ASHRAE, ASHRAE Handbook - **Psychrometric**, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, 1992.
- CALDAS, Julliana; CAMBOIM, Will Lavôr Lucena. Aproveitamento da Água dos aparelhos condicionadores de ar para fins não potáveis: Avaliação da viabilidade de implantação em um bloco do UNIPÊ. **Interscientia**, João Pessoa, v. 5, n. 1, p.166-188, 16 set. 2017.
- CARVALHO, Maria Teresa Campos. **Caracterização quali-quantitativa da água condensadora de aparelhos de ar condicionado**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Cuiabá, MT, 2012.
- COSTA, Alexandre. et al. Aproveitamento da água condensada dos aparelhos de ar-condicionado como fonte de irrigação para espaços verdes no município de Batalha/AL. In: 7º CONGRESSO BRAILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, Ouro Preto, 2016. **Anais...** Batalha, 2016.
- FULL GAUGE. **ELETROFRIGOR**. Tudo para Refrigeração, Ar condicionado e Lavadora. Termômetro Penta III, 2018.

INCROPERA, Frank P. [et al]. **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa**. Rio de Janeiro: Ltc, 2008.

GONÇALVES, Luciene Pavanello. **Condicionamento de ar e sua evolução tecnológica**. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2005. Disponível em: <http://engenharia.anhembi.br/tcc-05/civil-36.pdf>. Acesso em: 16 set. 2018.

MACHADO, Carlos José Saldanha. **Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios**: distribuição quantitativa e antropização da água doce. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v6n2/a08v06n2.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2018.

MACHADO, Carlos José Saldanha. **Reuso de água doce**. Revista Eco 21, v. 86, n. 1, jan. 2004.

MILLER, Rex; MILLER, Mark. **Ar-condicionado e Refrigeração**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/plano-nacional-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: 10 set. 2018.

MOTA, Thatiane Rodrigues; OLIVEIRA, Dyoni Matias; INADA, Paulo. **Utilização da água de sistemas de ar condicionado visando o desenvolvimento sustentável**. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, PR, 2011.

NOGUEIRA, Fábio Fernandes; COSTA, Isabella Almeida; PEREIRA, Uendel Alves. **Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás**. 56 f. Monografia - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

RAMOS, Andrea Malheiros; SANTOS, Luiz André Rodrigues; FORTES, Lauro Tadeu Guimarães. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília, DF: INMET, 2009.

PIMENTA, Pedro Lima. **Análise quantitativa do aproveitamento da água dos aparelhos de ar condicionado do Centro de Tecnologia da UFRN**. 2016. 14 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

RIGOTTI, Pedro Antonio Cardias. **Projeto de aproveitamento de água condensada de sistema de condicionadores de ar**. 2014. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2018.

SÃO LUÍS, Lei Nº 6.317 de 29 de dezembro de 2017. *Disciplina a utilização de águas pluviais e a reutilização da água cinza nas novas edificações no âmbito do município e São Luís, e dá outras providências*. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=356028>>. Acesso em: 10 set. 2018.

SCHNEIDER, Paulo Smith. **Termometria e Psicrometria**. 2012. 36 f. Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SOUSA, Michel. **Com estiagem no Nordeste, período chuvoso ameniza seca no Maranhão**: Dado consta em documento elaborado pelo Monitor de Secas do Nordeste. Aumento no volume de chuva ajudou na redução de impactos no estado. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2017/04/com-estiagem-no-nordeste-periodo-chuvoso-ameniza-seca-no-maranhao.html>>. Acesso em: 10 set. 2018.

STOECKER, Wilbert.; JONES, Jerold W. **Refrigeração e Ar Condicionado**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.

SUASSUNA, João. **O gerenciamento da água no Nordeste**. 2004. Disponível em: <<http://reporterbrasil.org.br/2004/05/b-artigo-b-o-gerenciamento-da-agua-no-nordeste/>>. Acesso em: 10 set. 2018.

TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no Brasil: prioridades para governança, conservação e recuperação**. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2018.

Organização das Nações Unidas [ONU], 2009 (ONU, 2009).

Prefeitura do Campus, **UEMA**. Quantidade de aparelhos com suas respectivas potências de refrigeração. São Luís, 2018.

VASCONCELOS, Andrea Veiga; SILVA, Mariana Rodrigues da. **Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade da água de pequenos laticínios da região de Francisco Beltrão / PR**. 2012. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2012.

VICTORINO, Célia Jurema Aito. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre: Edipucrs, 2007. 101 p.

\_\_\_\_\_. Lei N° 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: 12 set. 2018.

## APÊNDICE A – Água Condensada dos Condicionadores de Ar (Autor, 2018).

Tabela A1 – Verificação do Volume de Água Condensada (Autor, 2018).

Data: 24/09		
Capacidade: 18.000 BTU/h		
Local de Instalação	Horário	Quantidade de Água
Departamento Hidráulico e Saneamento	09h12 às 09h22	440 ml
	09h25 às 09h35	470 ml
	09h37 às 09h47	420 ml
	09h49 às 09h59	395 ml
	10h02 às 10h12	390 ml
Data: 25/09		
Capacidade: 9.000 BTU/h		
Local de Instalação	Horário	Quantidade de Água
Departamento de Expressões Gráficas e Transporte	09h18 às 09h28	245 ml
	09h31 às 09h41	250 ml
	09h42 às 09h52	250 ml
	09h53 às 10h03	240 ml
	10h05 às 10h15	250 ml
Data: 26/09		
Capacidade: 24.000 BTU/h		
Local de Instalação	Horário	Quantidade de Água
Departamento de Expressões Gráficas e Transporte	09h20 às 09h30	550 ml
	09h33 às 09h43	475 ml
	09h46 às 09h56	590 ml
	09h58 às 10h08	580 ml
	10h10 às 10h20	650 ml

Data: 27/09		
Capacidade: 12.000 BTU/h		
Local de Instalação	Horário	Quantidade de Água
Departamento Hidráulico e Saneamento	08h50 às 09h00	295 ml
	09h02 às 09h12	290 ml
	09h13 às 09h23	295 ml
	09h25 às 09h35	280 ml
	09h36 às 09h46	285 ml
Data: 28/09		
Capacidade: 30.000 BTU/h		
Local de Instalação	Horário	Quantidade de Água
Sala 04 do Curso de Engenharia Civil	09h16 às 09h26	930 ml
	09h29 às 09h39	920 ml
	09h41 às 09h51	920 ml
	09h54 às 10h04	910 ml
	10h00 às 10h16	905 ml



**ANEXO A – Propriedades Termofísicas de Gases à Pressão Atmosférica (Adaptado de Incropera, 2018).**

Tabela A. 2 – Propriedades Termofísicas de Gases à Pressão Atmosférica (Adaptado de Incropera, 2018).

$T$ (K)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/(kg · K))	$\mu \cdot 10^7$ (N · s/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$k \cdot 10^3$ (W/(m · K))	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$Pr$
<b>Amônio (NH<sub>3</sub>)</b>							
300	0,6894	2,158	101,5	14,7	24,7	16,6	0,887
320	0,6448	2,170	109	16,9	27,2	19,4	0,870
340	0,6059	2,192	116,5	19,2	29,3	22,1	0,872
360	0,5716	2,221	124	21,7	31,6	24,9	0,872
380	0,5410	2,254	131	24,2	34,0	27,9	0,869
400	0,5136	2,287	138	26,9	37,0	31,5	0,853
420	0,4888	2,322	145	29,7	40,4	35,6	0,833
440	0,4664	2,357	152,5	32,7	43,5	39,6	0,826
460	0,4460	2,393	159	35,7	46,3	43,4	0,822
480	0,4273	2,430	166,5	39,0	49,2	47,4	0,822
500	0,4101	2,467	173	42,2	52,5	51,9	0,813
520	0,3942	2,504	180	45,7	54,5	55,2	0,827
540	0,3795	2,540	186,5	49,1	57,5	59,7	0,824
560	0,3708	2,577	193	52,0	60,6	63,4	0,827
580	0,3533	2,613	199,5	56,5	63,8	69,1	0,817
<b>Ar</b>							
100	3,5562	1,032	71,1	2,00	9,34	2,54	0,786
150	2,3364	1,012	103,4	4,426	13,8	5,84	0,758
200	1,7458	1,007	132,5	7,590	18,1	10,3	0,737
250	1,3947	1,006	159,6	11,44	22,3	15,9	0,720
300	1,1614	1,007	184,6	15,89	26,3	22,5	0,707
350	0,9950	1,009	208,2	20,92	30,0	29,9	0,700
400	0,8711	1,014	230,1	26,41	33,8	38,3	0,690
450	0,7740	1,021	250,7	32,39	37,3	47,2	0,686
500	0,6964	1,030	270,1	38,79	40,7	56,7	0,684
550	0,6329	1,040	288,4	45,77	43,9	66,7	0,683
600	0,5804	1,051	305,8	52,69	46,9	76,9	0,685
650	0,5356	1,063	322,5	60,21	49,7	87,3	0,690
700	0,4975	1,075	338,8	68,10	52,4	98,0	0,695
750	0,4643	1,087	354,6	76,37	54,9	109	0,702
800	0,4354	1,099	369,8	84,93	57,3	120	0,709
850	0,4097	1,110	384,3	93,80	59,6	131	0,716
900	0,3868	1,121	398,1	102,9	62,0	143	0,720
950	0,3666	1,131	411,3	112,2	64,3	155	0,723
1000	0,3482	1,141	424,4	121,9	66,7	168	0,726
1100	0,3166	1,159	449,0	141,8	71,5	195	0,728
1200	0,2902	1,175	473,0	162,9	76,3	224	0,728
1300	0,2679	1,189	496,0	185,1	82	238	0,719
1400	0,2488	1,207	530	213	91	303	0,703
1500	0,2322	1,230	557	240	100	350	0,685
1600	0,2177	1,248	584	268	106	390	0,688

\*Adaptado das Referências 8, 14 e 15.