



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

LUCIAN FARIAS GOMES

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO POSICIONAMENTO DO DISPOSITIVO DE  
EXPANSÃO EM UM AR-CONDICIONADO SPLIT

JOÃO PESSOA

2018

LUCIAN FARIAS GOMES

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO POSICIONAMENTO DO DISPOSITIVO DE  
EXPANSÃO EM UM AR-CONDICIONADO SPLIT

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica, afim de obter título de graduação do curso de Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Leonardo Campelo de Queiroga

JOÃO PESSOA

2018

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

G633e Gomes, Lucian Farias.

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO POSICIONAMENTO DO DISPOSITIVO DE EXPANSÃO EM UM AR-CONDICIONADO SPLIT / Lucian Farias Gomes. - João Pessoa, 2018.

34 f. : il.

Orientação: Prof Dr Bruno Leonardo Campelo de Queiroga. Monografia (Graduação) - UFPB/Centro de tecn.

1. Dispositivo de Expansão. 2. Coeficiente de Performance. 3. Ar-condicionado Split. I. Queiroga, Prof Dr Bruno Leonardo Campelo de. II. Título.

UFPB/BC

LUCIAN FARIAS GOMES

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO POSICIONAMENTO DO DISPOSITIVO DE  
EXPANSÃO EM UM AR-CONDICIONADO SPLIT

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Bruno Leonardo Campelo de Queiroga  
Universidade Federal da Paraíba  
Orientador

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristiane Kelly Ferreira Da Silva  
Universidade Federal da Paraíba  
Examinadora

---

Prof. Dr. Koje Daniel Vasconcelos Mishina  
Universidade Federal da Paraíba  
Examinador

Dedico as minhas avós,  
que sempre acreditaram e  
cuidaram de mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente a todos aqueles que me direcionaram durante a execução do trabalho, ao professor Bruno Queiroga e aos técnicos do laboratório de refrigeração da UFPB, Ayrton e Jandemarques. Aos que se aventuraram comigo nessa jornada durante o curso de Engenharia Mecânica. Amigos e colegas que fiz para o resto da vida, sejam eles professores, alunos ou funcionários. Serei sempre grato por me ajudarem a chegar nesse ponto, passando por inúmeros momentos memoráveis.

Também aqueles amigos que não participaram tão ativamente na faculdade, mas que me apoiaram durante boa parte de minha vida, em diferentes momentos, me fazendo lutar e atingir esse grande objetivo de concluir meus estudos. São eles: Caio, Diego e Chrisângela.

Agradeço a minha namorada Natalia, que foi figura fundamental em minha vida nos últimos sete anos. Aos meus familiares que me inspiram e prezam por mim desde sempre. Meu pai Alexandre, minha irmã Paula e meu irmão Alexandre.

Por fim, a pessoa mais importante da minha vida e a qual sem ela eu não seria nada, minha mãe Ana Paula. Sem ela, nada disso seria possível. Agradeço por cada luta e sacrifício feito apenas para me fazer feliz. Sou extremamente grato e espero um dia retribuir toda essa dedicação perante a mim e aos meus irmãos.

## RESUMO

O presente trabalho consiste no estudo da influência da posição do dispositivo de expansão no desempenho de um ar-condicionado residencial. Para tanto, um ar-condicionado de bancada, do tipo Split, de 7500 BTU/h, que utiliza R-22 como fluido de trabalho, teve seu dispositivo de expansão inserido o mais próximo possível do evaporador. Inicialmente, é analisado o comportamento do sistema original (o dispositivo de expansão encontra-se imediatamente após o condensador), no que diz respeito ao seu coeficiente de performance. Em seguida, a bancada é alterada de forma que o dispositivo de expansão viesse a estar próximo ao evaporador. O coeficiente de performance de cada configuração foi calculado a partir da potência elétrica do compressor (utilizando-se um analisador de energia) e da taxa de calor retirada do ar ambiente (a partir da transferência de calor sensível do ar que escoou pelo evaporador). Verificou-se que a configuração com o dispositivo de expansão próximo ao evaporador proporcionou um aumento do coeficiente de performance próximo de 9,3%. Nos testes, a temperatura de entrada do ar do evaporador ficou em torno de 24°C, já a de saída, 12°C.

Palavras-chaves: Dispositivo de Expansão. Coeficiente de Performance. Ar-condicionado Split.

## **ABSTRACT**

The present work consists in studying the influence of the expansion device position on the performance of a residential air conditioner. Therefore, a 7500 BTU/h split benchtop air conditioner that uses R-22 as working fluid was used to have its expansion device inserted as close as possible to the evaporator. Initially, the behavior of the original system is analyzed (the expansion device stands immediately after the condenser) considering its coefficient of performance. Then, the workbench is changed in a way the expansion device is now close to the evaporator. The coefficient of performance of each configuration was calculated from the electric power of the compressor (using an energy analyzer) and the heat rate leaving the air (from the transfer of sensible heat from the air flowing through the evaporator). It was found that the configuration with the expansion device near the evaporator provided an increase on the coefficient of performance in approximately 9.3%. During the testes, the air inlet temperature of the evaporator was around 24°C, while the outlet temperature was around 12°C.

**Keywords:** Expansion device. Coefficient of performance. Split Air Conditioner.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processos básicos em um sistema de refrigeração a compressão .....	14
Figura 2 – Processo de compressão .....	15
Figura 3 – Processo de condensação .....	15
Figura 4 – Processo de expansão .....	16
Figura 5 – Processo de evaporação.....	16
Figura 6 – Conjunto de soldagem oxiacetileno .....	17
Figura 7 – Sistema de refrigeração estudado .....	20
Figura 8 – Configuração I.....	21
Figura 9 – Configuração II .....	22
Figura 10 – <i>Manifold</i> , botijão de gás refrigerante e bomba de vácuo .....	23
Figura 11 – Retirada de fluido refrigerante do sistema .....	24
Figura 12 – Flangeador, dobrador de tubos e cortador de tubos .....	24
Figura 13 – Conjunto de solda oxi-acetilênica utilizado .....	25
Figura 14 – Sistema após modificações baseadas na configuração I .....	26
Figura 15 – Sala do LTE .....	26
Figura 16 – Sistema posicionado para teste com sala .....	27
Figura 17 – Área definida de saída de ar do evaporador .....	28
Figura 18 – Termômetro digital Penta III.....	28
Figura 19 – Analisador de energia.....	29
Figura 20 – Anemômetro.....	29
Figura 21 – Configuração II, com dispositivo de expansão próximo ao evaporador.....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados coletados no primeiro teste da configuração I, Teste A .....	30
Tabela 2 – Dados coletados no segundo teste da configuração I, Teste B .....	30
Tabela 3 – Dados coletados no primeiro teste da configuração II, Teste C .....	31
Tabela 4 – Dados coletados no segundo teste da configuração II, Teste D .....	32
Tabela 5 – Dados coletados e calculados após testes .....	33

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	Justificativa .....	12
1.2	Objetivos .....	13
1.2.1.	Objetivo geral.....	13
1.2.2.	Objetivos específicos .....	13
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
2.1	Sistema de refrigeração .....	14
2.2	Princípios da soldagem de tubos.....	17
2.3	Coefficiente de Performance .....	18
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
3.1	Projeto da modificação da posição do dispositivo de expansão.....	20
3.2	Testes experimentais na configuração I.....	26
3.3	Testes experimentais na configuração II.....	31
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>35</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Além da constante busca de novas fontes de energia e do aperfeiçoamento daquelas que já são usadas no dia a dia, existe ainda toda uma questão financeira interessada no aumento de capacidade de equipamentos para que se economize cada vez mais. São diversos os países que se encontram em crise econômica ou têm em sua história diversos momentos negativos relacionados a esse quesito. No Brasil não é diferente e acredita-se que a engenharia atua exatamente para tornar a vida de todos cada vez melhor, em todos os aspectos possíveis.

Também em relação ao assunto de engenharia, é visível a necessidade de aliar teoria e prática, fazendo com que alunos se preparem da melhor forma possível para desafios futuros. Assuntos tratados em sala de aula devem ser explorados ao máximo em situações reais ou analisados em laboratórios para confirmar tudo aquilo que é estudado.

Com base nesse contexto, avaliou-se a possibilidade de estudar a influência do posicionamento do dispositivo de expansão de um ar-condicionado *split* existente no laboratório de refrigeração da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), mudando a estruturação de seu circuito. E, com todas essas mudanças, analisar uma possível melhora do coeficiente de performance visando economia de energia e deixando uma linha de trabalho para futuros estudantes desenvolverem ainda mais o estudo da engenharia mecânica no ramo da refrigeração.

## 1.1 Justificativa

A realização deste trabalho é justificada pelo fato de que nos dias de hoje, muitos aparelhos de refrigeração usam o dispositivo de expansão logo após o condensador, mas já existe uma gama interessante de outros que fazem sua utilização um pouco antes do evaporador. Isso porque entre esse dispositivo e o evaporador existe uma quantidade de circuito considerável que troca calor com o meio e assim pode perder rendimento se não for muito bem isolado.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1. Objetivo geral

Consiste em estudar e realizar coleta de dados em vários pontos em um sistema real de refrigeração, possibilitando a análise comparativa do coeficiente de performance do mesmo, baseado em diferentes posições do dispositivo de expansão.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Estudar o sistema de refrigeração para implementação de melhorias na bancada já existente;
- Criar componentes móveis no circuito para possibilitar diferentes configurações e mobilidade do dispositivo móvel;
- Adquirir, montar e reparar sistema para realização de bateria de testes; e
- Realizar testes, sempre de maneira semelhante, utilizando instrumentos de medição para coleta de dados e analisar de forma comparativa os coeficientes de performance calculados, além de avaliar e discutir os resultados obtidos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Sistema de refrigeração

Para entender melhor sobre o funcionamento e a necessidade dos equipamentos em um sistema de refrigeração, é importante saber de três leis básicas em que esse ramo da ciência se baseia. São elas:

- Todos os líquidos ao evaporarem-se absorvem calor de sua vizinhança;
- A temperatura que evapora ou ferve um líquido depende da pressão exercida sobre o mesmo; e
- Todo vapor pode voltar a condensar-se, tornando-se líquido se for devidamente comprimido e arrefecido.

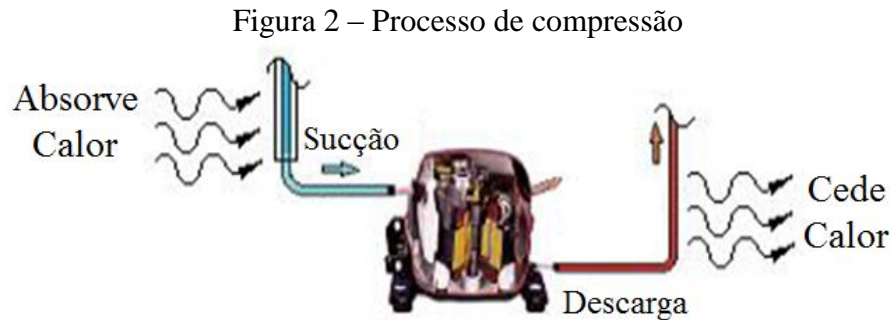
Sendo assim, o sistema de refrigeração a compressão, que é o sistema estudado no trabalho, utiliza basicamente quatro processos: compressão, condensação, expansão e evaporação (Fig. 1). Unidos, esses processos formam um circuito por onde um fluido refrigerante irá passar. E, para garantir esses processos, equipamentos são interligados para formar um sistema. O compressor realizará a compressão. O condensador, a condensação. O dispositivo de expansão será responsável pela expansão e, por fim, o evaporador realizará a evaporação.

Figura 1 – Processos básicos em um sistema de refrigeração a compressão



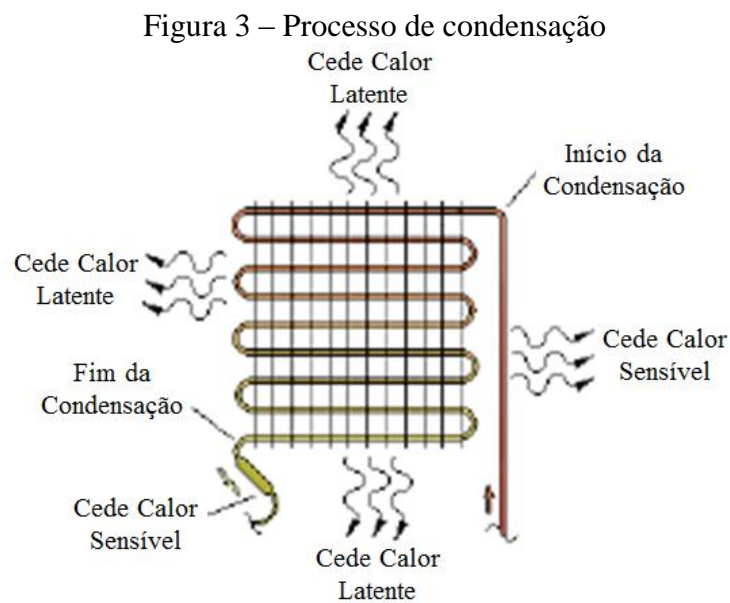
Fonte: Thermal cursos profissionalizantes. Acesso em: 05 maio 2018.

No compressor o fluido refrigerante será succionado do evaporador com baixa pressão e temperatura. Ele irá então comprimir o fluido, elevando essas duas propriedades, e descarregá-lo para o condensador. Durante essa transição, calor sensível será cedido para o ambiente externo (Fig. 2).



Fonte: Thermal cursos profissionalizantes. Acesso em: 05 maio 2018.

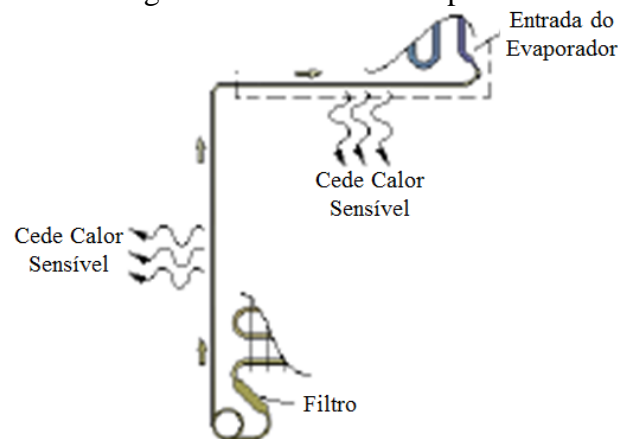
Como foi citado, antes de chegar no condensador, o fluido perde temperatura ao trocar com o meio e chega a atingir sua linha de saturação. Dessa maneira, agora o fluido perde calor latente enquanto passa pelo condensador e chega em seu final devendo estar totalmente líquido. Seguindo seu percurso, ele volta a perder calor sensível e passa por um filtro que retém suas impurezas até chegar no dispositivo de expansão (Fig. 3).



Fonte: Thermal cursos profissionalizantes. Acesso em: 05 maio 2018.

No dispositivo de expansão, existirá uma parte do circuito composta por um tubo capilar. Esse tubo possui uma área de seção transversal bem menor que o resto da tubulação para garantir a pressão no condensador. Após esse percurso dentro desse tubo diferenciado, a dimensão volta a ser regular no circuito e ocorre uma queda brusca de pressão, fazendo o fluido dentro do evaporador absorver calor latente do ambiente que se deseja refrigerar e evaporar sua parte líquida (Fig. 4).

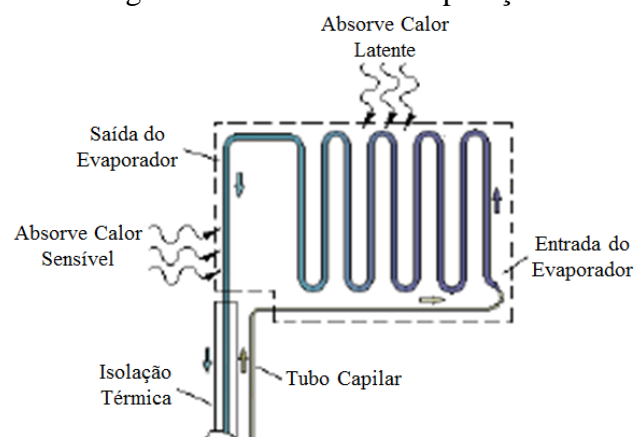
Figura 4 – Processo de expansão



Fonte: Thermal cursos profissionalizantes. Acesso em: 05 maio 2018.

O evaporador é responsável por promover essa troca de calor entre o ambiente e o fluido, fazendo assim o ambiente resfriar e o fluido evaporar. Na saída desse componente, deseja-se que o fluido saia totalmente em estado gasoso e que seu trajeto até o compressor seja isolado. Afinal, essa parte do circuito geralmente se encontra em meio externo e não se deseja absorver calor desse meio, fato esse que apenas implicaria em gasto de energia (Fig. 5).

Figura 5 – Processo de evaporação



Fonte: Thermal cursos profissionalizantes. Acesso em: 05 maio 2018.

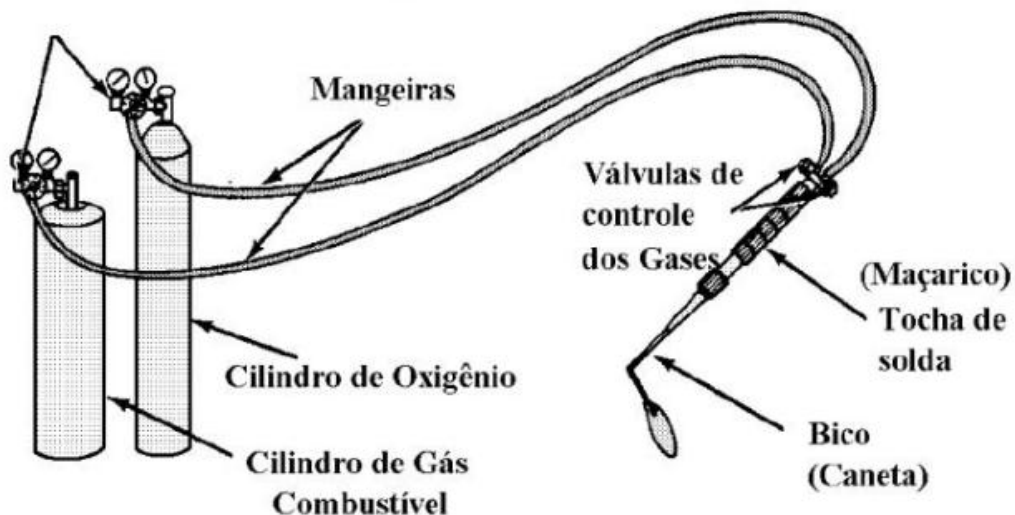
## 2.2 Princípios da soldagem de tubos

Existindo algum vazamento ou a necessidade de reparar circuitos de refrigeração, é preciso que se use da união das tubulações por soldagem, mais precisamente o processo de brasagem. Esse processo consiste na união de dois metais em que é adicionado um terceiro material. Material esse que se funde durante o aquecimento e une o local desejado depois de arrefecido.

O terceiro material supracitado geralmente consiste em uma vareta muito fina e que pode ser composta de diferentes materiais, como: prata, latão, fósforo, cobre ou a união deles. As varetas de fósforo adicionadas de algum outro componente são utilizadas em grande número no ramo da refrigeração, por suportarem temperaturas entre -50 e 200 graus Celsius, além do seu uso em indústrias elétricas e na união de tubos em instalações hidráulicas.

No fornecimento de calor para fundição desse material de adesão, é muito usado o sistema oxiacetileno (Fig. 6) para soldagem. Nesse caso, um conjunto de elementos permite a passagem de gás oxigênio e acetileno, armazenados em cilindros, até um queimador chamado de maçarico, onde a mistura é de acordo com o objetivo desejado.

Figura 6 – Conjunto de soldagem oxiacetileno



Fonte: Apostila de soldagem oxiacetilênica - UFTPR

### 2.3 Coeficiente de Performance

O coeficiente de performance de uma máquina frigorífica serve para medir seu desempenho relacionando a potência elétrica do compressor com a taxa de calor retirada do ar ambiente. Este parâmetro é calculado de acordo com a Eq. 1.

$$COP = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_C} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

$COP$  = coeficiente de performance;

$\dot{Q}_L$  = taxa de calor retirada do ar, em W; e

$\dot{W}_C$  = potência elétrica consumida pelo compressor, em W.

No que se diz respeito à taxa de calor retirada do ar, a Eq. 2, que representa uma transferência de calor sensível, pode ser utilizada.

$$\dot{Q}_L = \dot{m} c_p \Delta T \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

$\dot{m}$  = vazão mássica do ar que escoar pelo evaporador, em kg/s;

$c_p$  = calor específico a pressão constante do ar, em J/kg.K; e

$\Delta T$  = diferença entre temperaturas de entrada e saída do ar, em °C.

A vazão mássica, dada pela Eq. 3:

$$\dot{m} = AV_m \rho \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:  $\dot{m}$  = vazão mássica;

$A$  = área de saída do ar no evaporador;

$V_m$  = velocidade média do ar; e

$\rho$  = massa específica do ar.

Para o trabalho do compressor será calculada a potência ativa do mesmo, que corresponde à parcela da potência recebida pelo equipamento e se transforma em trabalho. É dada por:

$$\dot{W}_C = V I \cos \phi \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:  $\dot{W}_C$  = potência elétrica consumida pelo compressor, em W;

$V$  = voltagem, em V;

$I$  = corrente, em A; e

$\cos \phi$  = fator de potência.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Projeto da modificação da posição do dispositivo de expansão

O Ar Condicionado Split utilizado durante os testes é da marca Rheem, de 7500 BTU/h, que utiliza R-22 como fluido de trabalho. O equipamento pertence ao Laboratório de Refrigeração e Ar Condicionado da UFPB, sendo utilizado de forma didática durante aulas de refrigeração para levantamento de Coeficiente de Performance. A Fig. 7 mostra como o equipamento está instalado em uma estrutura móvel.

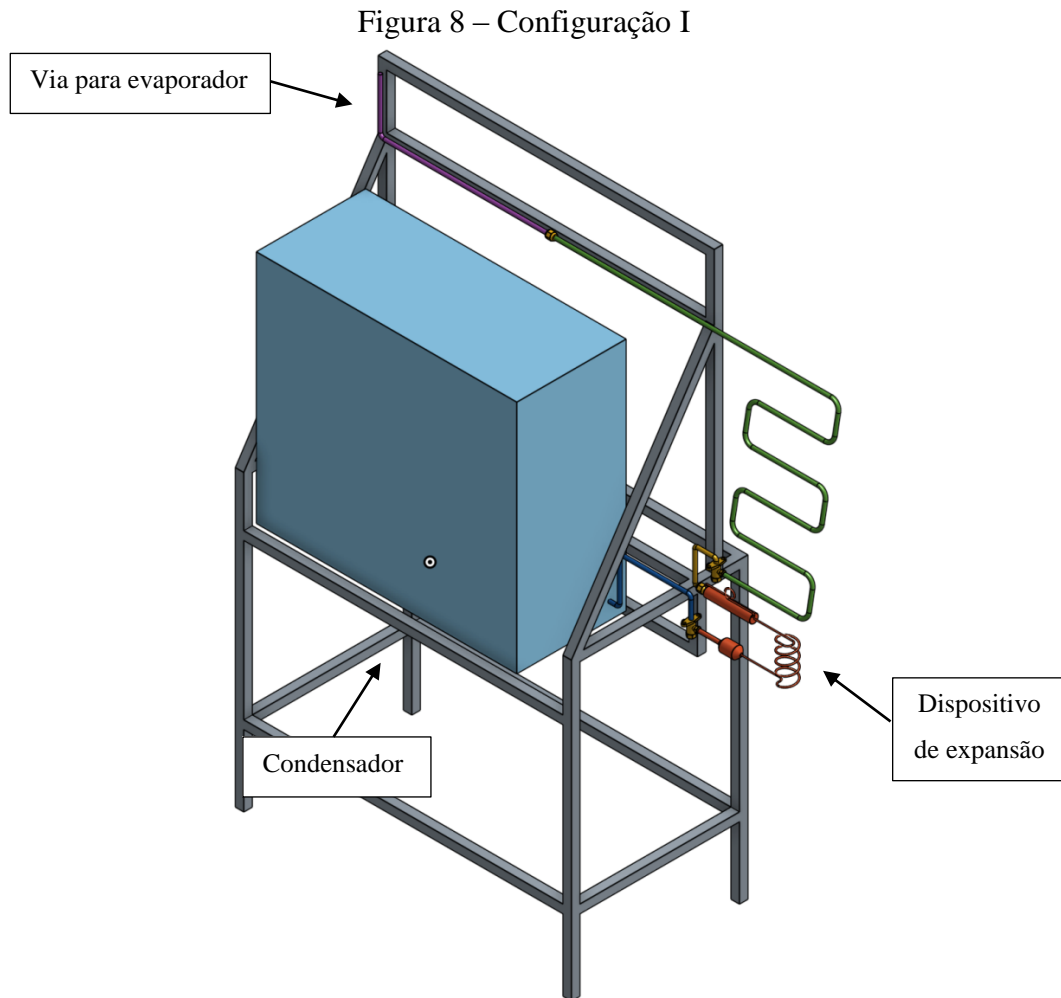
Figura 7 – Sistema de refrigeração estudado



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

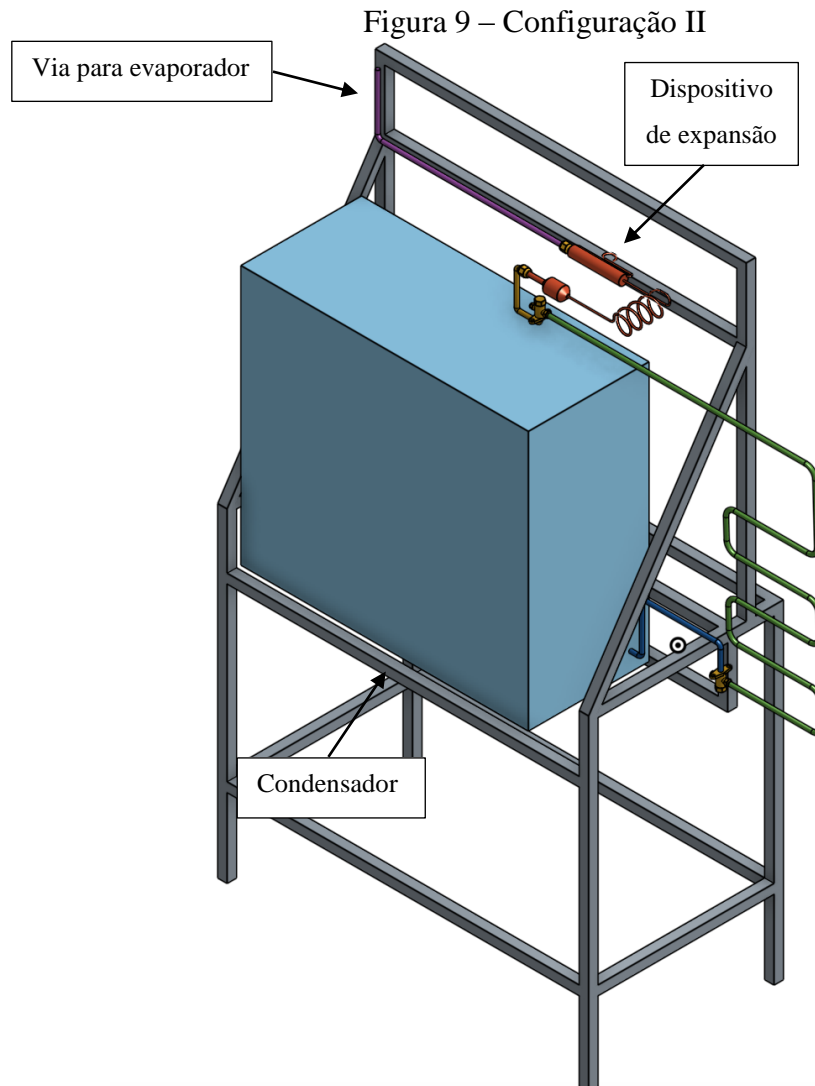
Utilizou-se o *software oneshape* para projetar as duas configurações a serem avaliadas: configuração I, com o dispositivo de expansão imediatamente após o condensador, e configuração II, com o dispositivo de expansão o mais próximo possível do evaporador.

Na Fig. 8, é possível visualizar a configuração I. Adicionou-se 1 m de tubulação após o dispositivo de expansão (originalmente havia 50 cm), de forma a simular uma instalação mais próxima de uma residencial possível (em média, 3 m).



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

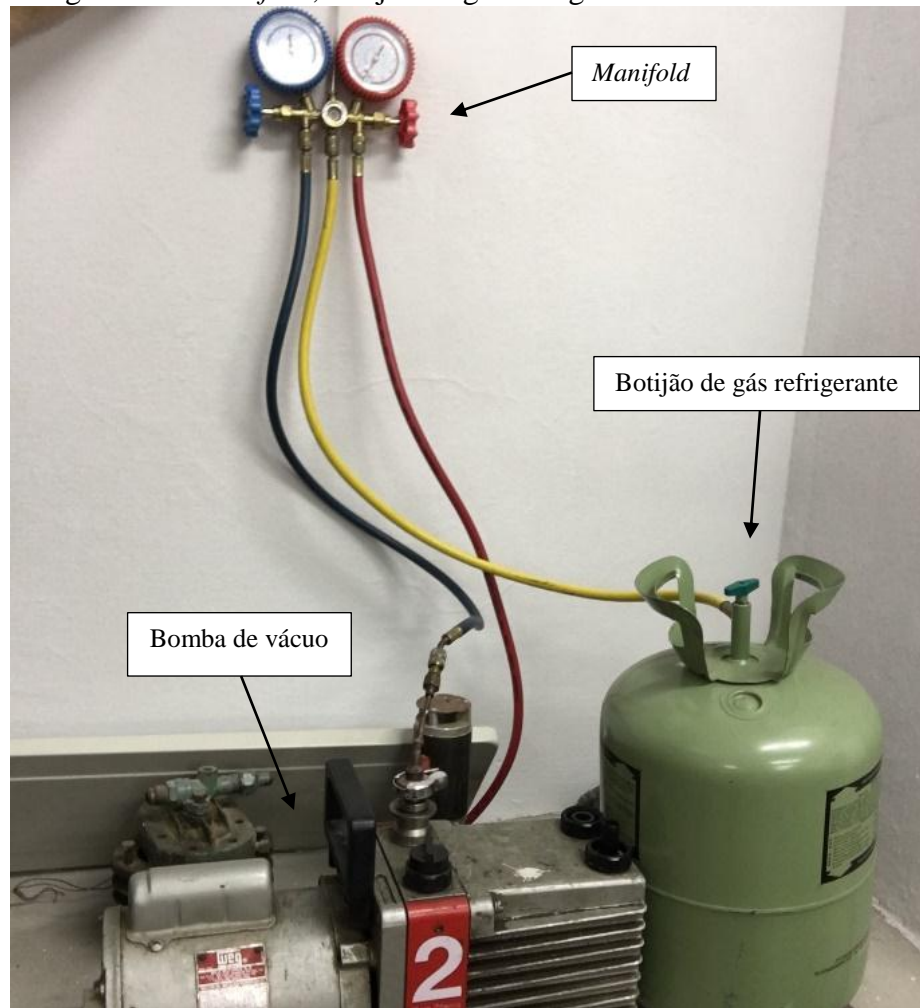
Já na Fig. 9, temos a configuração II, onde o dispositivo de expansão foi movido para próximo do evaporador.



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

Para a execução do projeto, inicialmente, retirou-se o refrigerante já existente no ar condicionado para efetuar os cortes nas tubulações. Foi feito vácuo no botijão (Fig. 10) para auxiliar na retirada do fluido. Foi utilizado uma bomba de vácuo e sempre que alguma movimentação de fluido ou botijão foi feita, um *manifold* (Fig. 10) era usado.

Figura 10 – *Manifold*, botijão de gás refrigerante e bomba de vácuo



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

A retirada do refrigerante do sistema foi realizada com a ajuda de um compressor auxiliar (Fig. 11).

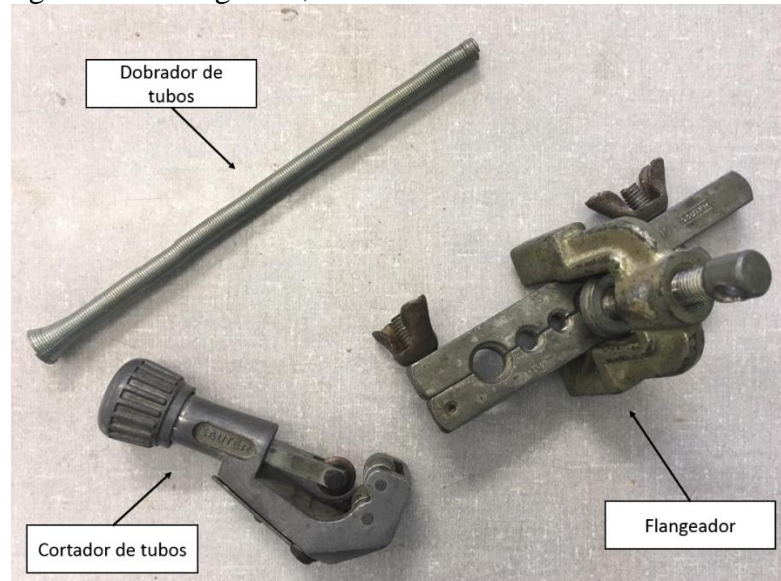
Figura 11 – Retirada de fluido refrigerante do sistema



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

Parte das modificações do ar condicionado necessitou dos processos de corte, flangeamento e dobragem de tubos. As ferramentas necessárias para essas operações são mostradas na Fig. 12.

Figura 12 – Flangeador, dobrador de tubos e cortador de tubos



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

A modificação também necessitou do processo de soldagem de tubos. Este processo foi executado por soldagem oxi-acetilênica, usando dois cilindros e um maçarico (Fig. 13).

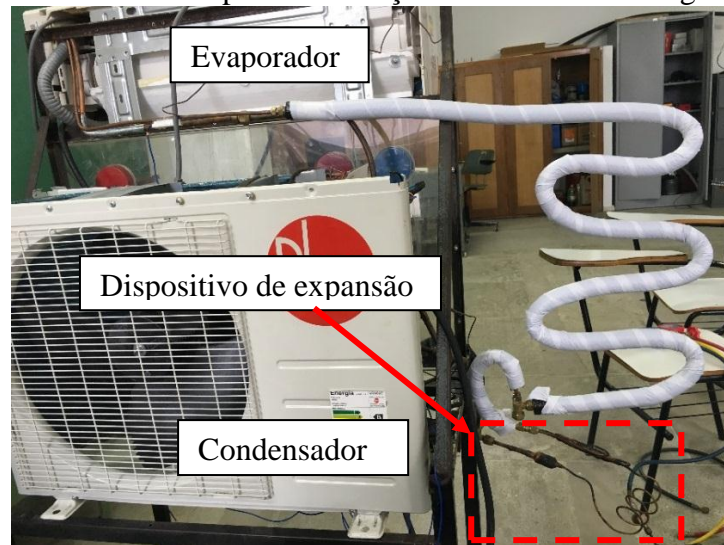
Figura 13 – Conjunto de solda oxi-acetilênica utilizado



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

Após a montagem dos componentes, pequenos vazamentos foram encontrados, e corrigidos com novas soldas e reflangeamento das conexões defeituosas. Por fim, toda a tubulação foi isolada com isolante térmico apropriado. O ar condicionado na configuração I é apresentado na Fig. 14.

Figura 14 – Sistema após modificações baseadas na configuração I



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

### 3.2 Testes experimentais na configuração I

Os testes de desempenho do ar condicionado aconteceram em uma sala do LTE, próxima ao laboratório de refrigeração, ver Fig. 15, o que facilitou a locomoção da bancada. Ela possui um pouco mais de 15 metros quadrados, uma janela, algumas cadeiras e iluminada por lâmpadas fluorescentes.

Figura 15 – Sala do LTE



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

A porta da divisória da sala foi retirada para que a bancada coubesse de forma correta e os espaços deixados foram preenchidos com isopor para deixar o ambiente interno o mais isolado possível da área externa (Fig. 16).

Figura 16 – Sistema posicionado para teste com sala



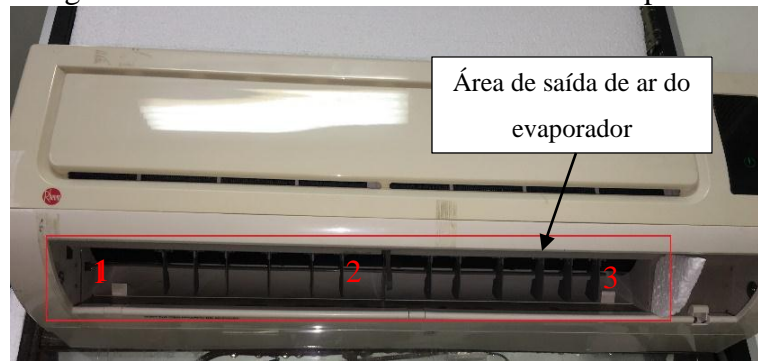
Fonte: Acervo pessoal, 2017.

Os seguintes parâmetros foram levantados durante os testes, necessários para a utilização das Eqs. 1, 2, 3 e 4:

- Temperatura de entrada e saída do ar do evaporador;
- Velocidade do ar na saída do evaporador (em 3 pontos afastados);
- Tensão, corrente e fator de potência do equipamento.

Os pontos de medição da velocidade de saída do evaporador, bem como a delimitação da área de saída, são mostrados na Fig. 17.

Figura 17 – Área definida de saída de ar do evaporador

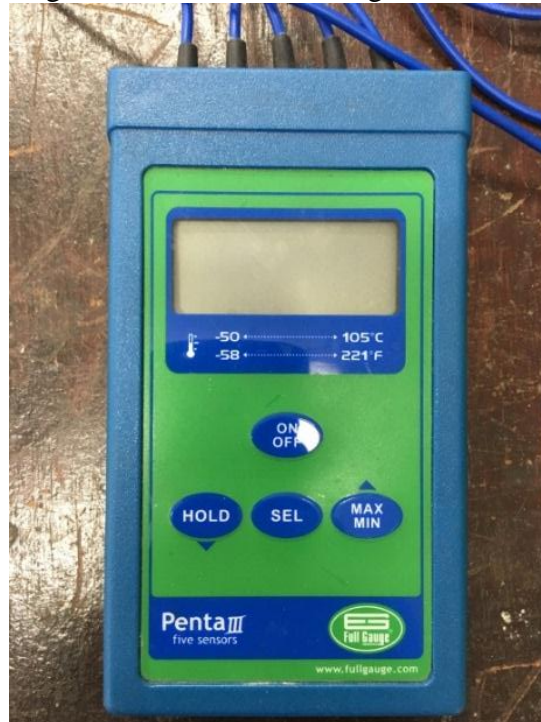


Fonte: Acervo pessoal, 2017.

Seguem abaixo os instrumentos utilizados nas medições:

- Termômetro digital Penta III (Fig. 18) com cinco pontos de leitura distintos, faixa de leitura entra -50 e 105 graus Celsius e temperatura de operação entre 0 a 50 graus Celsius;

Figura 18 – Termômetro digital Penta III



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

- Analisador de energia 3197 da Hioki (Fig. 19) com faixa de medição de 600V em AC, 50 mA a 5.000kA, dependendo do sensor de corrente em uso e 300W a 9MW;

Figura 19 – Analisador de energia



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

- Um anemômetro da marca Lutron (Fig. 20) com faixa de medição de velocidade entre 0.4 e 30 metros por segundo.

Figura 20 – Anemômetro



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

Na configuração I, dois testes foram feitos em momentos distintos do dia. O equipamento foi ligado e um tempo padrão de 45 minutos de teste foi estabelecido para que a coleta de dados fosse realizada.

A Tabela 1 apresenta os dados levantados durante o primeiro teste na configuração I, realizado às 14:00 do dia 28/09/2017.

Tabela 1 – Dados coletados no primeiro teste da configuração I, Teste A

Parâmetro	Valor	Unidade
Temp. de entrada do ar do evaporador	24,2	°C
Temp. de saída do ar do evaporador	13,1	°C
Velocidade do ar – ponto 1	1,9	m/s
Velocidade do ar – ponto 2	3,2	m/s
Velocidade do ar – ponto 3	1,9	m/s
Voltagem	213	V
Corrente	3,7	A
Fator de potência	0,98587	-

Fonte: Acervo pessoal, 2017.

A Tabela 2 apresenta os dados levantados durante o segundo na configuração I, realizado às 09:30 do dia 29/09/2017.

Tabela 2 – Dados coletados no segundo teste da configuração I, Teste B

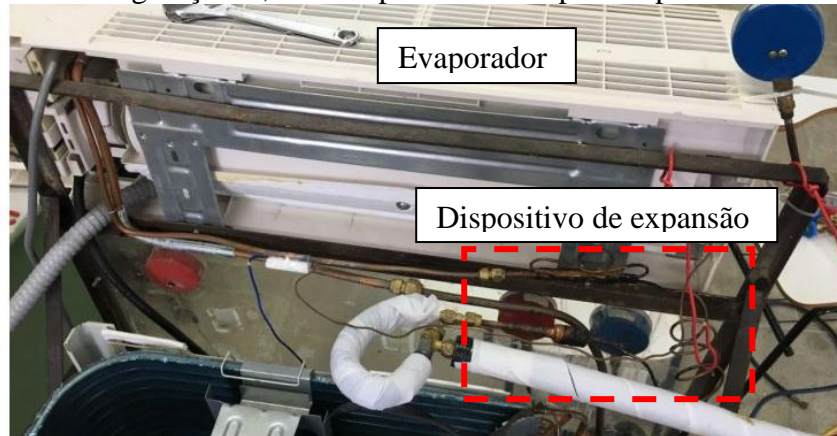
Parâmetro	Valor	Unidade
Temp. de entrada do ar do evaporador	23,9	°C
Temp. de saída do ar do evaporador	12,9	°C
Velocidade do ar – ponto 1	1,9	m/s
Velocidade do ar – ponto 2	3,8	m/s
Velocidade do ar – ponto 3	1,9	m/s
Voltagem	210	V
Corrente	3,6	A
Fator de potência	0,98587	-

Fonte: Acervo pessoal, 2017.

### 3.3 Testes experimentais na configuração II

Após os testes na configuração I, o equipamento deve o gás recolhido novamente, e arranjado de acordo com a configuração II, ou seja, o dispositivo de expansão foi deslocado para próximo do evaporador, ver Fig. 21.

Figura 21 – Configuração II, com dispositivo de expansão próximo ao evaporador



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

Após a correção de vazamentos e nova aplicação de isolamento térmico, pode-se iniciar novos testes, que se procederam de forma semelhante aos realizados na configuração I.

A Tabela 3 apresenta os dados levantados durante o primeiro teste na configuração II, realizado às 14:00 do dia 29/09/2017.

Tabela 3 – Dados coletados no primeiro teste da configuração II, Teste C

Parâmetro	Valor	Unidade
Temp. de entrada do ar do evaporador	24,2	°C
Temp. de saída do ar do evaporador	12,4	°C
Velocidade do ar – ponto 1	1,9	m/s
Velocidade do ar – ponto 2	3,6	m/s
Velocidade do ar – ponto 3	2	m/s
Voltagem	209	V
Corrente	3,5	A
Fator de potência	0,98587	-

Fonte: Acervo pessoal, 2017.

A Tabela 4 apresenta os dados levantados durante o segundo teste na configuração II, realizado às 17:00 do dia 29/09/2017.

Tabela 4 – Dados coletados no segundo teste da configuração II, Teste D

Parâmetro	Valor	Unidade
Temp. de entrada do ar do evaporador	24,4	°C
Temp. de saída do ar do evaporador	12,3	°C
Velocidade do ar – ponto 1	1,9	m/s
Velocidade do ar – ponto 2	3,7	m/s
Velocidade do ar – ponto 3	2	m/s
Voltagem	215	V
Corrente	3,6	A
Fator de potência	0,98587	-

Fonte: Acervo pessoal, 2017.

## 4 RESULTADOS

Nos cálculos do COP de cada configuração, considerou-se:

- $c_p = 1004 \text{ J/kg K}$  (calor específico do ar);
- $\rho = 1,23 \text{ kg/m}^3$  (massa específica do ar);
- $A = 0,03192 \text{ m}^2$  (área de saída do ar no evaporador);
- Velocidade média do ar = média aritmética dos pontos 1, 2 e 3 do evaporador.

Com estes dados e os das Tabelas 1, 2, 3 e 4, aplicados às Equações 1, 2, 3 e 4, foram calculados a vazão mássica do ar, a taxa de calor retirada do ar, a potência do compressor e o COP. Na Tabela 5, estes parâmetros são apresentados para cada teste, juntamente com os dados medidos.

Tabela 5 – Dados coletados e calculados após testes

Parâmetro	Unidade	Teste A	Teste B	Teste C	Teste D
Temp. de entrada do ar do evaporador	°C	24,2	23,9	24,2	24,4
Temp. de saída do ar do evaporador	°C	13,1	12,9	12,4	12,3
Velocidade do ar – ponto 1	m/s	1,9	1,9	1,9	1,9
Velocidade do ar – ponto 2	m/s	3,2	3,8	3,6	3,7
Velocidade do ar – ponto 3	m/s	1,9	1,9	2	2
Calor específico do ar	J/kg K	1004	1004	1004	1004
Densidade do ar	kg/m <sup>3</sup>	1,23	1,23	1,23	1,23
Área de saída do ar	m <sup>2</sup>	0,03192	0,03192	0,03192	0,03192
Voltagem	V	213	210	209	215
Corrente	A	3,7	3,6	3,5	3,6
Fator de potência	-	0,98587	0,98587	0,98587	0,98587
Vazão mássica	kg/s	0,09946	0,09946	0,098154	0,0995
Calor do evaporador	W	1108,45	1098,44	1162,85	1208,76
Trabalho do compressor	W	776,96	745,32	721,16	763,06
COP	-	1,4266	1,4738	1,6125	1,5841

Fonte: Acervo pessoal, 2017.

## 5 CONCLUSÕES

Após realização dos testes, foi visto que a performance do sistema de fato melhorou quando o dispositivo de expansão se encontrou mais próximo da entrada do evaporador. Fazendo uma média entre os COPs de cada tipo de configuração e comparando-os, percebeu-se que houve um aumento de aproximadamente 9,27%.

O motivo pelo qual os Ar Condicionados Split não utilizam os dispositivos de expansão próximo ao evaporador, aproveitando essa economia de energia, seria, principalmente, pela manutenção de todo o sistema.

Realizar essa manutenção (troca do dispositivo de expansão e carregamento de gás) pelo lado externo do ambiente é mais positivo do que realizar no ambiente interno.

Porém é necessário se observar que a energia elétrica apresenta valores significativos. O uso de dispositivos de expansão próximo ao evaporador poderia, assim, agregar maiores valor ao equipamento, pois proporcionaria ao usuário uma redução na sua conta de energia elétrica.

## 6 BIBLIOGRAFIA

CENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. **Thermodynamics: an engineering approach**. 5. ed. Mcgraw-hill Science/engineering/math, 2004. 962 p.

INCROPERA, Frank P. et al. **Introduction to Heat Transfer**. 6. ed. Wiley, 2011. 984 p.

**Instalação e manutenção de condicionador de ar split system**. Apostila elaborada pela THERMAL Cursos Profissionalizantes. 2015. 148p.

LUFT, Diego Jankiel. **Estudo de uma bancada didática de refrigeração**. 2014. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina, Horizontina, 2014.

MATOS, Rudmar S. **Refrigeração**. Curso de Engenharia Mecânica. Setor de tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

MCQUISTON, Faye C.; PARKER, Jerald D.; SPITLER, Jeffrey D.. **Heating, ventilating and air conditioning: Analysis and design**. 6. ed. Wiley, 2004. 642 p.