



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA - AM.
DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMAZONAS

REGINO LOPES DA SILVA

**ESTRUTURAÇÃO DE UM PLANO DE AVALIAÇÃO DE CONFIABILIDADE EM
UM PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CONDICIONADOR DE AR SPLIT 12.000 BTU
FRIO TIPO HI WALL.**

MANAUS - AM

2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA - AM.
DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMAZONAS

REGINO LOPES DASILVA

**ESTRUTURAÇÃO DE UM PLANO DE AVALIAÇÃO DE CONFIABILIDADE EM
UM PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CONDICIONADOR DE AR SPLIT 12.000 BTU
FRIO TIPO HI WALL.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Campus Manaus Centro para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob a orientação do MSc. Carlos José Batista Machado.

MANAUS - AM

2017



REGINO LOPES DA SILVA

**ESTRUTURAÇÃO DE UM PLANO DE AVALIAÇÃO DE CONFIABILIDADE EM
UM PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CONDICIONADOR DE AR SPLIT 12.000 BTU
FRIO TIPO HI WALL.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Campus Manaus Centro para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico, sob a orientação do MSc. Carlos José Batista Machado.

Aprovado em 23 /06/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. MSc. Carlos José Batista Machado.
Instituto Federal do Amazonas - IFAM
Presidente Banca Examinadora

Prof. Antônio Aurélio Pereira dos Santos.
Instituto Federal do Amazonas - IFAM
Membro Examinador

Prof. João Nery Rodrigues Filhos.
Instituto Federal do Amazonas – IFAM
Membro Examinador



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA - AM.
DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMAZONAS

DEDICATÓRIA

Dedico à Deus, à minha esposa Magaly, a o meu filho Lucas e a meus pais que me deram todo apoio e incentivo na minha vida.



AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pois sem Ele nada seria possível, toda honra, toda glória para Ele.

Ao professor Carlos José Batista Machado pela orientação neste trabalho.

À professora Andréa Regina pela sua contribuição na realização deste trabalho.

Aos meus pais por todos os ensinamentos de vida, pelo o amor, carinho e os esforços feitos para dar-me uma educação digna.

À minha esposa Magaly e meu filho Lucas por estarem sempre presentes nessa etapa da minha graduação, dando o incentivo e força nessa longa caminhada, por isso eles são meus grandes amores, razão do meu viver.

Aos professores do IFAM que contribuíram na minha formação e no meu aprendizado.

A todos estes citados acima o meu muito obrigado!



RESUMO

Condicionadores de ar são de relevante importância na atualidade, principalmente em uma cidade de clima equatorial como a cidade de Manaus. Nesse sentido, o presente estudo teve a preocupação de observar cuidadosamente os testes de Confiabilidade de uma determinada Empresa do Polo Industrial de Manaus com o intuito de garantir que tais produtos – Split Hi wall convencional e inverter de 12.000 btus – cheguem ao consumidor final com qualidade, pleno funcionamento, inerentes a um bem de consumo durável. Para tal, foram avaliadas 15 amostras de cada modelo supracitado, nos aspectos visuais – internos e externos -, elétricos, mecânicos e funcional. Foram realizados testes de performance em laboratório com objetivo de avaliar se os produtos recém-fabricados estavam dentro dos parâmetros exigidos. Por fim, os resultados foram satisfatórios, demonstrando que da amostra avaliada apenas um produto apresentou defeito. Ao mesmo tempo, na análise pós-venda, os resultados também ficaram abaixo do limite considerado adequado que é no máximo de 0.9, meta do SCR (Taxa de chamada de serviço) estipulada pela empresa, demonstrando assim que o índice de defeito é incipiente. Nesse sentido, infere-se que os produtos são devidamente testados e chegam satisfatoriamente ao consumidor final, de modo que suas expectativas na aquisição do produto são atendidas.

Palavras-chave: condicionador de ar, teste de confiabilidade, satisfação.



ABSTRACT

Air conditioners are of relevant importance today, especially in a city with an equatorial climate like the city of Manaus. In this sense, the present study had the concern of carefully observing the reliability tests of a certain Company of the Industrial Pole of Manaus in order to ensure that such products - conventional Split Hi wall and inverter of 12,000 btus - reach the end consumer with quality, fully functioning, inherent in a durable consumer good. For this, 15 samples of each model were evaluated, in the visual aspects - internal and external -, electrical, mechanical and functional. Performance tests were performed in the laboratory in order to evaluate if the newly manufactured products were within the required parameters. Finally, the results were satisfactory, demonstrating that of the evaluated sample only one product was defective. At the same time, in the post-sale analysis, the results were also below the limit considered adequate which is a maximum of 0.9, SCR (Service Call Rate) goal stipulated by the company, thus demonstrating that the defect index is incipient. In this sense, it is inferred that the products are properly tested and arrive satisfactorily to the final consumer, so that their expectations in the acquisition of the product are met.

Key words: air conditioner, reliability test, satisfaction.



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
OBJETIVOS.....	12
OBJETIVO GERAL.....	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	13
1.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
1.1 HISTÓRICO E USO DOS CONDICIONADORES DE AR.....	14
1.2 FUNCIONAMENTO DE UM CONDICIONADOR DE AR.....	15
1.3 AVANÇO TECNOLÓGICO DOS SISTEMAS DE CONDICIONADORES DE AR: SPLIT CONVENCIONAL E SPLIT INVERTER.....	17
1.4 OS TESTES DE QUALIDADE.....	21
1.5 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS: AS PESQUISAS SOBRE CONDICIONADOR DE AR	23
2. METODOLOGIA.....	25
2.1 Teste de performance do condicionador de ar Split.....	26
2.2 Materiais utilizados durante a avaliação.....	26
2.3 Procedimentos de teste para avaliação do condicionador de ar Split.....	26
2.4 Testes Elétricos.....	29
2.5 Testes Mecânicos.....	30
2.6 Método do teste de performance.....	34
2.7 Teste com os aparelhos em funcionamento.....	37
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
4. CONCLUSÃO.....	44
5. REFERÊNCIAS.....	45



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Funcionamento de um ar condicionado	17
Figura 2 - Modelo Split Hi Wall: unidade interna (evaporadora) e unidade externa (condensadora).....	18
Figura 3 - Comparativo entre Split Hi wall convencional e Split Hi wall inverter	19
Figura 4 - Comparativo Hi wall inverter <i>versus</i> Hi wall convencional.....	21
Figura 5 - Inspeção do Compressor, protetor térmico e tubulações	27
Figura 6 - Inspeção do Capacitor e conexões elétricas.....	28
Figura 7 - Inspeção Hélice, Moto ventilador e Top do produto.....	28
Figura 8 - Instrumento para teste de segurança elétrica OMINIA- (HI-POT)	29
Figura 9 - Teste elétrico no Produto	30
Figura 10 - Mesa Vibratória	31
Figura 11 - Verificação de Toque.....	31
Figura 12 - Detector de vazamento de gás refrigerante HDL 5000.....	32
Figura 13 - Teste de vazamento de gás refrigerante com o Detector HDL 5000.....	33
Figura 14 - Velocidade de rotação do motor ventilador da unidade evaporadora.....	33
Figura 15 - Velocidade de rotação do motor ventilador da unidade condensadora.	34
Figura 16 - Tubulação acoplada (unidade interna e externa).	35
Figura 17 - Sensor de temperatura na entrada do evaporador (T2).	35
Figura 18 - Sensor de temperatura na saída do evaporador (T1).....	36
Figura 19 - Tabela de tensão.....	36
Figura 20 - Produto em teste funcional.	37
Figura 21 - Equipamento A Gramkow.	38
Figura 22 - Parâmetros de performance do A Gramkow.....	38
Figura 23 - Produtos SPLIT inverter testado.....	40
Figura 24 - Produtos SPLIT convencional testado.....	40
Figura 25 - SCR SPLIT Inverter	42
Figura 26 - SCR SPLIT Convencional.....	43



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BTU- British Thermal Unit (Unidade Térmica Britânica).

RPM - Rotação por minuto.

EC- Especificação dos Componentes.

EP - Especificação do produto.

SCR - Service Call Rate (Taxa de chamada de serviço).

OS- Ordem de Serviço.

SCRi - Taxa de chamada do mês.

SCi - Chamada de serviço.

Si - Vendas do mês.

APR – Analisador de pedido de ressarcimento.

INTRODUÇÃO

A cidade de Manaus possui um clima equatorial, com característica quente e úmida. Sua temperatura por vezes ultrapassa os 35°C no período mais quente, de modo que o uso de aparelhos de condicionadores de ar, que venham minimizar esse calor se faz necessário. Em contrapartida, a matriz energética da referida cidade é a termelétrica, energia nada sustentável, de modo que buscar meios mais eficientes para reduzir o consumo de eletricidade deve ser uma preocupação constante.

Ao mesmo tempo, a economia brasileira passa por momentos nada animadores, de modo que reduzir os custos na compra de eletrodomésticos e na conta de energia traz alento aos consumidores.

Nesse sentido, entende-se a necessidade de analisar os aparelhos de ar condicionados disponíveis no mercado na atualidade, sempre buscando encontrar os mais eficientes no uso e consumo de energia. Tal preocupação advém do contexto atual da humanidade, no qual a busca por uma melhor preservação do meio ambiente emerge como imprescindível para o equilíbrio dos sistemas e manutenção da vida humana.

Desse modo, diversos estudiosos empreenderam esforços para estudar sobre os aparelhos de ar condicionado, nos mais diferentes períodos e objetivos.

Silva (2008), por exemplo, estudou a eficiência no uso da energia elétrica e concluiu os fatores que propiciam a redução do consumo, tais como escolha da correta orientação geográfica, a pintura das paredes e dos telhados com cores claras, a inclusão de isolamento térmico EPS (Isopor) no forro, bem como o uso de condicionadores de ar modelo Split em detrimento do modelo condicionador de ar de janela. Tais fatores, principalmente a escolha correta do aparelho de ar condicionado, acarretaram na redução do consumo energético da cidade de Manaus.

Por sua vez, Silva (2012), analisou o emprego do resfriamento evaporativo como pré-resfriador no sistema convencional de condicionadores de ar e atestou a melhoria da eficiência significativa no desempenho dos sistemas de refrigeração.

Sob a mesma ótica, Mayolino (2015), analisou a eficiência de cada componente do sistema dos condicionadores de ar de uso doméstico, identificando falhas e estipulando melhorias. O autor estudou a eficiência dos quatro componentes básicos de um aparelho de ar condicionado que são: o compressor, o condensador, o dispositivo de expansão e o evaporador. A partir desse estudo pode concluir que há uma redução na diminuição da energia

destruída do evaporador ao diminuirmos a vazão de escoamento do ar no evaporador do que quando aumentamos o fator de bypass na mesma proporção.

Entende-se, no entanto, que as pesquisas voltadas para a melhor compreensão dos sistemas de condicionadores de ar não se esgotam facilmente. Ao mesmo tempo, é sabido que esse eletrodoméstico é considerado um bem durável. No entanto, a obsolescência¹ programada inerente ao sistema capitalista, pode vir colaborar para a fabricação de condicionadores de ar com menor durabilidade.

Nesse sentido, analisar os processos de teste da qualidade na fabricação dos condicionadores de ar faz-se necessário para garantir ao consumidor final um produto que apresente características plausíveis a um eletrodoméstico de longa durabilidade, principalmente na cidade de Manaus, que tanto necessita do uso desse aparelho.

Sendo assim, com essa preocupação esse trabalho pretende cooperar com os estudos referentes aos sistemas de condicionadores de ar, analisando especificamente os testes de qualidade envolvidos na fabricação de condicionadores de ar de uma fábrica do Distrito Industrial da cidade de Manaus, Amazonas.

A resposta desses problemas pode trazer embasamento para uma melhor escolha por parte do consumidor final, bem como pode ser utilizado pelo fabricante.

¹ Tempo programado para durabilidade dos produtos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Descrever e analisar os testes de qualidade envolvidos no processo de fabricação dos condicionadores de ar modelo Split hi wall convencional e inverter, ambos de 12.000 btu, no intuito de garantir que os produtos fabricados nessa Empresa sejam confiáveis para atender as necessidades do consumidor.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar testes elétricos, mecânicos e funcional nos produtos.
- Apresentar os procedimentos que irão garantir a confiabilidade do Processo.
- Medir os parâmetros elétricos, tais como tensão, corrente, potência, além de temperaturas e vazão de gás.
- Avaliar o desempenho dos produtos frente aos testes supracitados anteriormente.
- Levantar os dados das assistências técnicas autorizadas sobre reclamação referente aos produtos.

ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Essa monografia está estruturada em quatro capítulos, além desta introdução, que guarda o problema de pesquisa, bem como o objetivo geral e os objetivos específicos.

No Capítulo I, é discutido a fundamentação teórica. Neste sentido, toma-se como base o histórico sobre os condicionadores de ar, os testes de qualidade, bem como algumas pesquisas voltadas para o estudo sobre estes. Posteriormente, demonstram-se as características dos produtos objetos de estudo.

Por sua vez, o Capítulo II traz o método de trabalho, ou seja, como foram realizadas. Para tal fim, desenvolveu-se método de natureza descritiva e explicativa dos testes realizados num laboratório de confiabilidade de uma indústria localizada no Polo Industrial de Manaus, que produz condicionador de ar tipo Split hi wall. Posteriormente, realizou-se um levantamento de dados envolvendo a satisfação do consumidor junto as assistências técnicas autorizadas, para comprovar a eficácia dos testes, descritos ao final deste capítulo.

No Capítulo III, voltado para os resultados da pesquisa de campo, analisam-se as comparações obtidas por meio do método. Por fim, no Capítulo IV as considerações finais.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1. HISTÓRICO E USO DOS CONDICIONADORES DE AR.

A utilização de condicionadores de ar possui diversas finalidades, dentre as quais se destacam: o controle simultâneo, num determinado ambiente, da pureza, temperatura, umidade, e movimentação do ar, portanto, o uso do condicionador de ar possui as seguintes utilidades (VIANA, et al, 2012):

- Conforto térmico da temperatura, seja em ambientes domésticos ou industriais;
- Ambientes nos quais são manipulados materiais tóxicos e inflamáveis;
- Processos de manufatura que exigem controle de umidade, temperatura e pureza do ar, como a fabricação de produtos farmacêuticos e alimentícios, gráficas, indústrias têxteis, dentre outros.
- Ambientes onde se processam materiais higroscópicos.
- Locais onde é necessário eliminar a eletricidade estática para prevenir incêndios ou explosões.
- Operações de usinagem com tolerância mínima.
- Laboratórios de controle e teste de materiais.

Não obstante, tanta facilidade não possui mais de dois séculos de idade. A origem dos condicionadores de ar está relacionada com a Revolução Industrial, devido a necessidade de controle de temperatura, nas então primeiras indústrias. Contudo, o processo de evolução dos condicionadores de ar foi lento. Na primeira máquina criada, data de 1834, requereu dispêndios elevados com custos de manutenção.

Esse quadro só veio melhorar com o advento da eletricidade em 1900, que por sua vez ampliaram as alternativas para controle de temperatura. Sendo assim, em 1902, Willians Carrier, um engenheiro norte americano, desenvolve o condicionador de ar para solucionar a problemática de uma gráfica estadunidense. Tal empresa sofria com as altas temperaturas do verão que borravam suas impressões, devido à elevada umidade, reduzindo assim, a qualidade dos seus produtos. Desse modo, foi criado um equipamento que resfriava o ar desta fábrica,

que funcionava por meio da sua circulação por dutos resfriados artificialmente. Esse foi o primeiro modelo mecânico de condicionamento de ar (RIGOTTI, 2014)

Posteriormente, em 1914, Carrier desenvolveu um aparelho para de uso residencial, muito maior e menos requintado do que o ar condicionado atualmente. Ao mesmo tempo, desenhou o primeiro condicionador de ar para hospitais.

Em 1920, o produto apresentava aceitação em cinemas, visto que o calor afastava os clientes da exibição de filmes. Por sua vez, em 1930, Carrier desenvolveu um modelo de condicionador para prédios com muitos andares, que economizava espaço em relação aos demais modelos do período.

Não obstante, a comercialização dos aparelhos de ar condicionado de uso residencial difundiu-se em 1950, de modo que a demanda foi elevada, encerrando estoque em apenas duas semanas. A partir de então, diversos modelos foram criados e não se esgotou a tecnologia referente a este eletrodoméstico.

Atualmente, o uso dos condicionadores de ar é trivial a todos os ambientes, de modo que se pode classificar a sua aplicação em doméstica, comercial, industrial, para transporte e para condicionamento de ar.

Em regiões de todos os climas, sua utilização é recomendada, contudo se faz imprescindível nas zonas tropicais de clima equatorial e tropical, para levar alento a milhares de habitantes, sejam no trabalho, na residência, em hospitais, escolas. Nessas regiões a ausência de refrigeração em ambientes fechados torna as atividades improdutivas. Sendo assim, a utilização do condicionador de ar está intrinsecamente ligada à produtividade humana e manutenção de diversos produtos.

Após breve exposição da história e utilidade dos condicionadores de ar, aborda-se posteriormente o funcionamento de um aparelho de condicionador de ar.

1.2. FUNCIONAMENTO DE UM CONDICIONADOR DE AR.

Um condicionador de ar é basicamente formado por:

Compressor - atua como o coração do sistema de refrigeração, criando o fluxo do refrigerante ao longo dos componentes do sistema. No processo, recebe vapor refrigerante em baixas temperatura e pressão e eleva o vapor até uma pressão e temperatura maior.

Evaporador - possui um sensor que realiza leitura da temperatura desejada. Este por sua vez, desliga o compressor, fazendo com que o equipamento mantenha a temperatura.

Após qualquer variação na temperatura estipulada aciona-se novamente o compressor que é responsável pela circulação do gás.

Condensador – tem a função de retirar o calor do ambiente interno. Através do condensador e suas aletas, o fluido refrigerante proveniente do compressor a alta temperatura, efetua a troca térmica com o ambiente externo, liberando o calor absorvido no evaporador e no processo de compressão.

Dispositivo de expansão - permite a migração do refrigerante do evaporador até o compressor quando o aparelho está desligado, tem como função receber o fluido refrigerante do condensador e promover a perda de carga do fluido refrigerante separando os lados de alta e de baixa pressão.

O intuito de um condicionador de ar está ligado ao tratamento do ar, proporcionando condições de umidade e temperaturas adequadas ou agradáveis a um ambiente. Este aparelho eletrodoméstico pode ser instalado em janelas, paredes, casas de máquinas, dentre outros, compõe-se de um sistema de refrigeração e desumidificação com circulação e filtragem do ar, podendo, ao mesmo tempo, incluir renovação do ar e aquecimento. (GONÇALVES, 2005)

No que se refere ao funcionamento do aparelho, utiliza-se a evaporação de um fluido refrigerante para fornecer refrigeração. Os mecanismos do ciclo de refrigeração são semelhantes aos da geladeira. Nesse sentido, o termo Fréon é genericamente usado para qualquer dos diversos fluorcarbonos não inflamáveis utilizados como refrigerantes e combustíveis nos aerossóis.

Nesse sentido, o compressor comprime o gás frio, fazendo com que este se torne gás quente de alta pressão - ilustrado em vermelho na figura 01. Este gás quente, por sua vez, corre por meio de um trocador de calor para dissipar o calor e se condensa para o estado líquido. Tal líquido escoar por meio de uma válvula de expansão de modo que no processo este vaporiza para se tornar gás frio de baixa pressão - em azul. Este gás frio corre por meio de trocador de calor que permite que o gás absorva calor e esfrie o ar de dentro do ambiente. Ao mesmo tempo, misturado com o fluido refrigerante, se faz presente uma pequena quantidade de um óleo de baixa densidade que tem por função lubrificação o compressor junto com o processo. (ANTONOVICZ & WEBER, 2013).

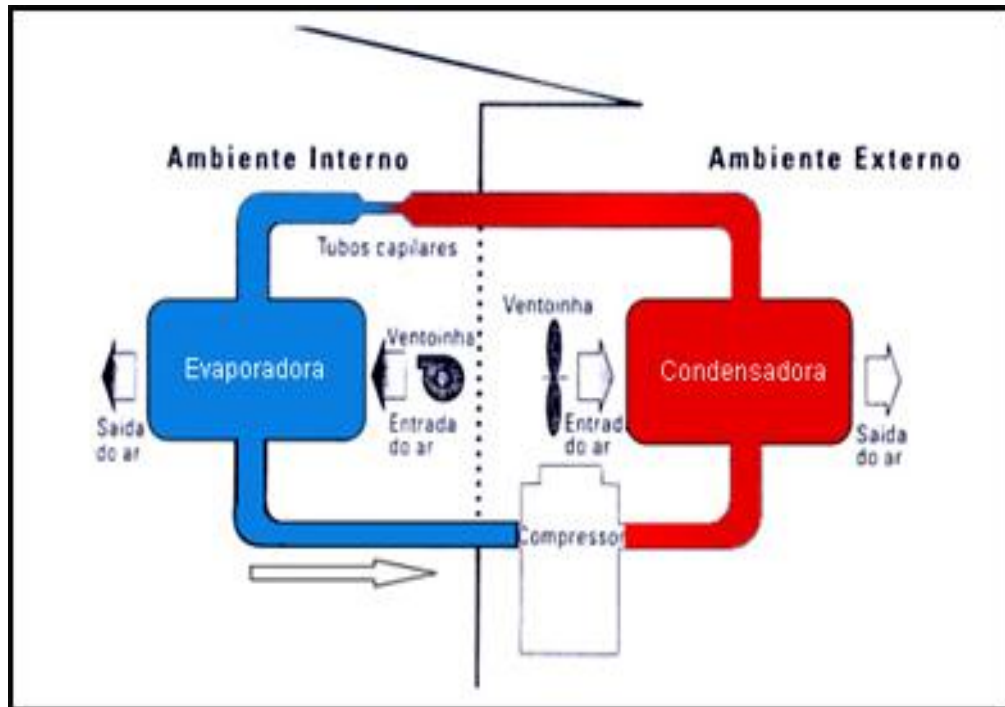


Figura 01: Funcionamento de um ar condicionado

Fonte: <https://www.adias.com.br/funcionamento-do-ar-condicionado>.

Existem diversos modelos e tipos de ar condicionado, tais como de janela, Split hi wall, cassete, piso teto, ar condicionado Dutado ou Split Built in. Ao mesmo tempo, esses modelos possuem diferentes potências denominadas btus². Quanto maior o número de btus, maior a potência e o poder de refrigeração do ambiente. Não obstante, a posição e tamanho do ambiente em relação a radiação solar, o número de pessoas (emissão de calor humano) também colaboram para o desempenho do condicionador de ar.

A indústria busca sempre encontrar meios para reduzir o consumo, os ruídos e aumentar a potência dos sistemas de condicionador para conforto, praticidade e economia dos usuários.

Diante disso, para realização desse estudo, foram escolhidos modelos semelhantes, porém com diferentes tecnologias de resfriamento de ar: o Split hi wall convencionais, e o Split hi wall inverter, abordado a seguir.

1.3. AVANÇO TECNOLÓGICO DOS SISTEMAS DE CONDICIONADORES DE AR: SPLIT CONVENCIONAL E SPLIT INVERTER.

² Unidade de medida correspondente à energia necessária para elevar a temperatura de uma libra de água de um grau Fahrenheit (tb. Se usa *BTU*) [Atualmente, um Btu é definido como 1.055,06 joules].

Representando os sistemas de expansão direta³, com os condicionadores de ar de janela, e *self contained*, o sistema Split emergiu da necessidade de menor ruído - uma demanda solicitada pelos consumidores – além de reduzir certos incômodos como a abertura de fendas na janela, bem como a entrada de insetos, dentre outras variáveis, proporcionados pelos condicionadores de ar com tecnologia janela.

Os condicionadores de ar modelo Split apresentam a separação da unidade evaporadora e da condensadora conforme demonstrado na figura 02, com o objetivo de diminuir o ruído proveniente do processo de compressão dentro dos ambientes climatizados. Para tal, é necessária a união das duas unidades por meio de tubulação de cobre que conduz o fluido refrigerante (TEBCHIRANI, 2011)

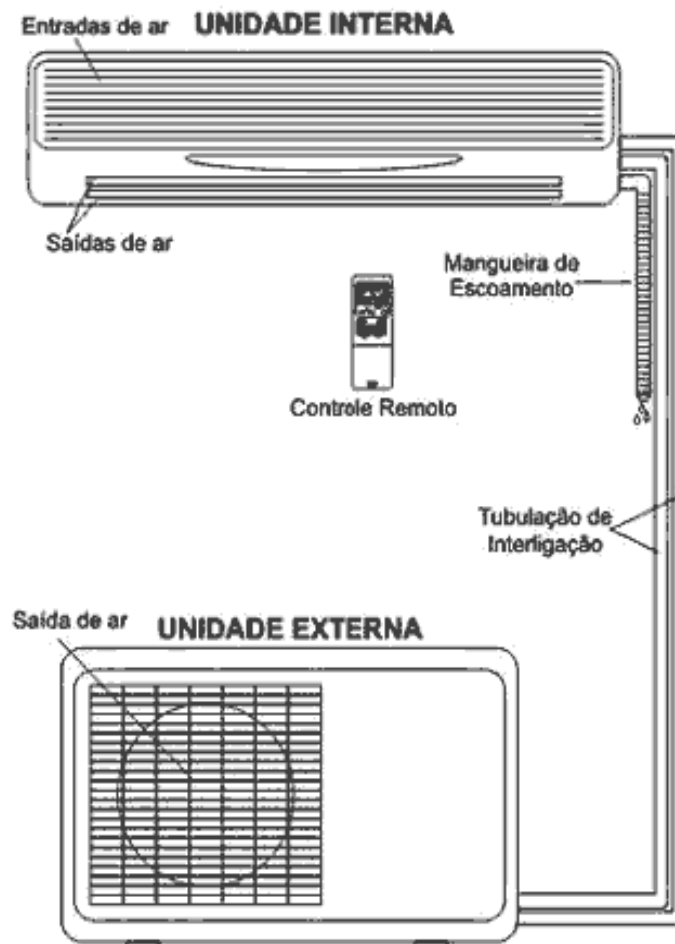


Figura 02 – Modelo Split Hi-Wall: unidade interna (evaporadora) e unidade externa (condensadora).

Fonte: <http://www.eletrosularcondicionado.com.br/dicas.htm>. Acesso: 29 mar. 2017

³

Quando o condicionador recebe diretamente do recinto ou através de dutos a carga de ar frio ou quente.

Tal tecnologia chegou ao mercado brasileiro em 1988, no entanto sua comercialização aumentou consideravelmente no início do século XXI. O princípio do funcionamento de um condicionador de ar modelo convencional consiste na ligação do compressor, que possui apenas a função ligado/desligado. Nesse sentido, o compressor fica em trabalho até o alcance da temperatura programada pelo usuário. Uma vez que a temperatura aumente novamente, o compressor é acionado automaticamente. Essa descrição faz com que os custos de energia sejam maiores devido ao acionamento constante do compressor.

Por sua vez, os aparelhos de ar condicionado Split Hi-Wall inverter diferenciam-se dos Split Hi wall convencional porque são capazes de alcançar a temperatura desejada de maneira eficaz e de mantê-la constante com leve oscilação de energia - Figura 03. Tal sistema inverter é responsável por controlar a velocidade de rotação do compressor do condicionador de ar conforme a necessidade de refrigeração do ambiente.



Figura 03 – Comparativo entre Split Hi wall convencional e Split Hi wall inverter.
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Swd6BTGd5Rs>. Acesso: 29 mar. 2017

Além disso, o nível de ruído do aparelho inverter é menor se comparado aos aparelhos convencionais. Isso ocorre devido ao sistema de operação interno que habilita o compressor a operar em baixa rotação quando a temperatura fica estabilizada, reduzindo potencialmente o ruído.

Em lugares com clima de baixa amplitude térmica, como Manaus, pode ser que um Split inverter não apresente plenamente sua eficiência. Tal fato se deve a temperatura que pouco oscila, de modo que a tendência é o inverter trabalhar sempre na capacidade máxima. Em lugares de plena capacidade, a economia de o modelo inverter alcança 60%.

Mesmo assim, esses aparelhos apresentam as seguintes vantagens: o não desligamento do compressor, por meio do qual evitam-se os picos de energia; a velocidade de rotação o compressor que é variável, apresentando economia de energia; de modo que a temperatura praticamente não oscila no ambiente, o que representa uma economia de energia entre 40% e 60%.

A figura 04 mostra a seguir as curvas de funcionamento de um condicionador de ar convencional *versus* inverter. Desse modo, na curva que representa o compressor inverter - cor laranja - é possível visualizar que o compressor inverter não desliga no início de funcionamento e tem uma alta rotação para refrigerar o ambiente sendo uma das vantagens do compressor inverter. Após refrigerar o ambiente, a temperatura é mantida e a rotação do compressor é reduzida.

Assim, o consumo de energia é reduzido, pois o compressor não precisa trabalhar em uma alta rotação, contrapondo-se ao modelo convencional - cor verde - o compressor demora a atingir a temperatura desejada e apresenta ciclos, isto é, o compressor desliga quando atinge a temperatura e com isso, aumenta o consumo de energia ao mesmo tempo em que o ruído do compressor é perceptível quando este é acionado.

Ao mesmo tempo, é perceptível que não há variação de temperatura de resfriamento conforme a curva pontilhada em laranja mostrada no gráfico da figura. Já o gráfico da temperatura pontilhado verde mostra que o compressor convencional apresenta bastante oscilação o mesmo não consegue manter a temperatura desejada devido a essa oscilação, afetando o desempenho do Split hi wall convencional.

Analisadas as tecnologias de Split hi wall, faz se mister abordar aspectos inerentes aos testes de qualidade.

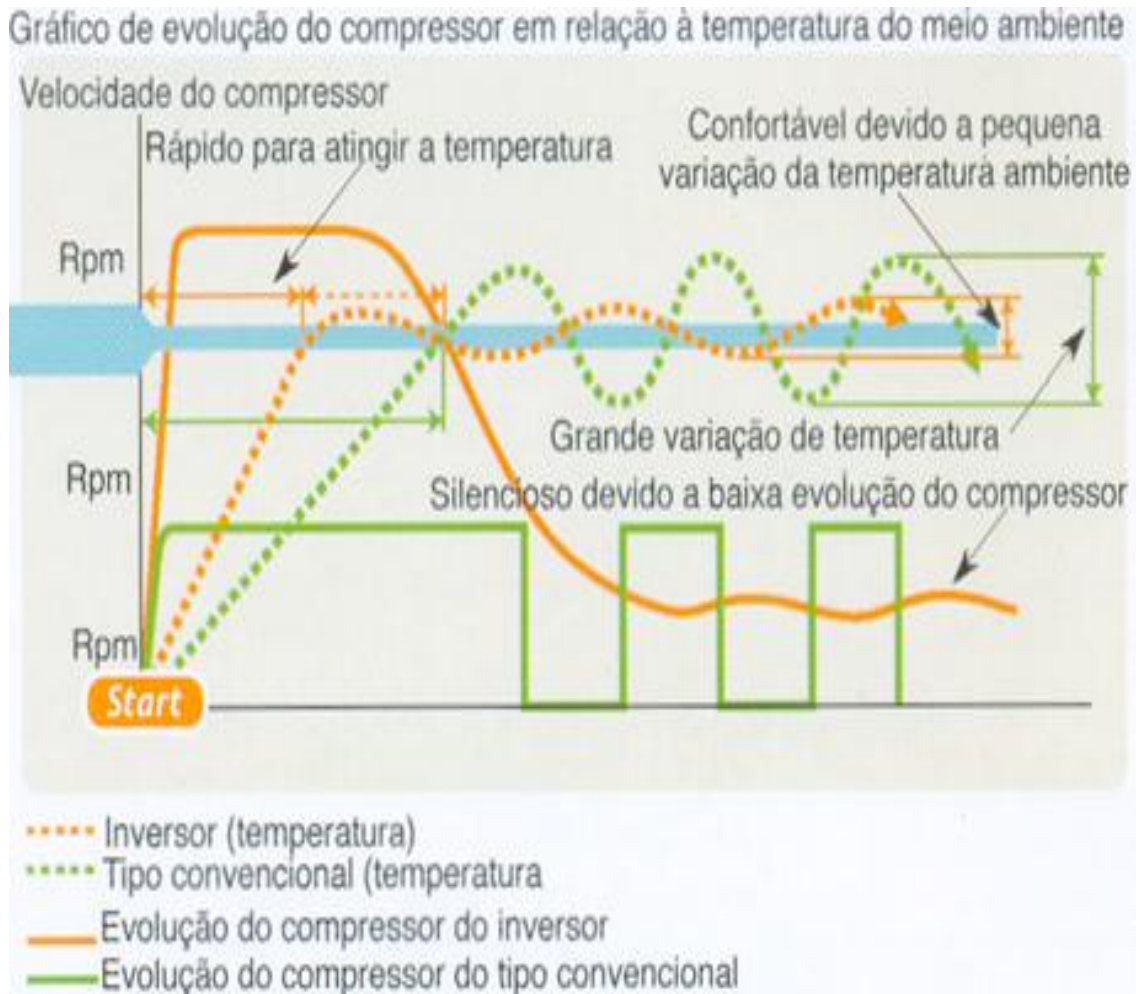


Figura 04 – Comparativa Hi wall inverter *versus* Hi wall convencional

Fonte: <http://www.sistemasdearcondicionado.com.br/2010/12/comparativo-sistema-inverter-x.html>

Acesso: 29 mar. 2017

1.4. OS TESTES DE QUALIDADE.

Testar a qualidade de um produto é necessário para garantir que este chegue em perfeito estado nas mãos do consumidor. Essa preocupação é recente e surgiu nos Estados Unidos no início do século XX. Desse modo, a entrada dessa etapa no processo produtivo permitiu que as organizações obtivessem diferenciais competitivos, dada a utilização desse mecanismo.

No entanto, os testes de controle da qualidade acentuaram-se no pós Segunda Guerra, haja vista que a necessidade de melhores produtos e a concorrência obrigou as empresas a desenvolverem melhor seus bens e serviços (SELEME & STADLE, 2008)

Sendo assim, o objetivo de uma empresa com os testes de qualidade é manter o bom nome de sua marca, de seus produtos, mantendo a instituição organizacional em pleno funcionamento, no intuito de estas se “perenizarem” no mercado. Desse modo, a única forma de garantir a sobrevivência das empresas no mercado é buscar os atributos da qualidade, descritos a seguir:

- **Moral:** refere-se ao estado de espírito do trabalhador, que deve se encontrar motivado. Por meio desta motivação, este desenvolverá suas tarefas dentro dos critérios de qualidade intrínseca, custo e segurança.
- **Qualidade intrínseca:** refere-se à qualidade dos produtos ou dos serviços da empresa. É o desejo do consumidor de receber os produtos ou serviço de acordos com as especificações e parâmetros prometidos.
- **Entrega:** é a manutenção da palavra da empresa, que deve entregar o produto no local certo, na hora certa e na quantidade certa. Tal característica é imprescindível para a sobrevivência da empresa no mercado.
- **Custo:** é o custo envolvido no processo produtivo, que será repassado aos consumidores. Buscar o equilíbrio entre o custo e a qualidade garantirá ao consumidor bons preços e busca pela marca.
- **Segurança:** trata-se do processo e do resultado, envolvendo a segurança interna, no processo produtivo, bem como a segurança externa, traduzida como a garantia de segurança aos usuários quanto aos produtos ou serviços adquiridos.

Tais atributos cumpridos satisfazem as necessidades do cliente que continuam investindo nas marcas e indicando para outras pessoas, garantindo assim a sobrevivência da empresa no mercado.

Diante do exposto, este trabalho levantou os atributos do teste de qualidade inerentes a característica segurança, especificamente a interna. Tal característica será melhor abordada no método de análise.

Ao mesmo tempo, ressalta-se que as pesquisas sobre ar condicionado não estão voltadas para este tema. Mesmo assim, faz-se mister visitar algumas delas, sem o intuito de esgotar sobre as pesquisas referentes ao tema.

1.5. EVIDENCIAS EMPIRICAS: AS PESQUISAS SOBRE CONDICIONADOR DE AR.

Diversos estudiosos empreenderam esforços para estudar e conhecer melhor o condicionador de ar. Os objetivos são variados, de modo que este tema sempre demanda novas pesquisas no intuito de refletir sobre os processos produtivos, sempre refletindo novas possibilidades tecnológicas, acessíveis e sustentáveis para a humanidade.

Lima (et. al, 2002), por exemplo, estudaram a implantação de condicionador de ar dessecante, com a utilização de apenas ar e água em vez de gás refrigerante, em climas úmidos. Os referidos autores refletiram acerca do elevado custo energético dos condicionadores de ar tradicionais que utilizam compressão de vapor, de modo que tais sistemas contradizem a política que deve priorizar a eficiência energética.

Sendo assim, os autores concluíram que os estudos mostraram a viabilidade técnica e a simplicidade operacional dos equipamentos necessários, além da grande vantagem de ser um sistema corretamente ecológico e de utilizar energia para regeneração que pode ser oriunda de resíduo industrial, energia solar, gás natural e em sistema de cogeração. Uma pequena parcela de energia elétrica se fez necessária apenas para movimentação de ventiladores e bombas de água.

Por sua vez, Bessa (2010), analisou as vantagens da troca de aparelhos de ar condicionado de janela por aparelhos de ar condicionado Split. Para tal, o autor utilizou o método prazo de retorno, definido como um espaço de tempo para que um investimento possa cobrir seus custos. Sendo assim, foram analisadas duas opções de compra, o valor dispendido de kwh/h junto a companhia de fornecimento de energia elétrica, bem como o número de horas que os condicionadores ficam ativado por dia, o número de dias ativados por mês.

Desse modo, o autor concluiu que ambas as alternativas eram viáveis economicamente, contudo a segunda opção que inicialmente seria mais dispendiosa levaria 05 meses a menos para trazer retornos dos investimentos realizados. O tempo de retorno do investimento seria de 03 anos e 09 meses.

Sob a mesma ótica da economia no uso de aparelho de ar condicionado da linha Split, Tebchirani (2011) cita que a desvantagem de um aparelho de condicionador de ar modelo Split Hi-Wall se encontra no custo de instalação e a necessidade do serviço especializado, embora tais características não tenham impedido o crescimento da comercialização deste. Ao mesmo tempo, ressalta a atratividade do consumidor por esse modelo de eletrodoméstico

devido à redução do ruído, bem como a estética mais agradável, bem como a tendência por avanços tecnológicos que visem a maior compactação dos aparelhos e para a redução do consumo de energia.

Com esse intuito, o referido autor comparou o uso de um trocador de calor ainda não empregado em sistemas de condicionador de ar Split, com o método tradicional utilizado atualmente. Sendo assim, este avaliou o desempenho termodinâmico e seu impacto sobre a carga de fluido refrigerante. Tal trocador de calor proporciona a mudança de estado físico do fluido refrigerante, permitindo que o mesmo rejeite ou absorva calor. Desse modo, a tubulação de sucção e líquido apresentam temperaturas bem distintas, cuja diferença pode alcançar aproximadamente 20°C. Nesse sentido, o diferencial poderia ser aproveitado para resfriar o líquido que deixa o condensador por meio do vapor que deixa o evaporador.

Após a comparação o autor conclui que o trocador de ar economiza 19% o gás refrigerante, característica que pode contribuir positivamente em relação ao custo financeiro da instalação, bem como, na redução da agressão ambiental provocada pelos vazamentos de gás dos aparelhos. Ao mesmo tempo, foi possível constatar que a utilização do trocador de calor pouco influenciou na performance do ciclo, demonstrando resultados nada animadores.

Ainda na perspectiva de economia de energia e melhoria do desempenho, Silva (2012), estudou a implantação de um sistema evaporativo direto por aspersão com o sistema de compressão a vapor, em uma unidade condensadora de condensação a ar, com trocador de calor do tipo aletado. Tal sistema pré resfria o ar da unidade evaporadora, diminuindo assim o trabalho do compressor. Nesse sentido, o estudo conseguiu bons resultados com uma melhora significativa do desempenho e eficiência no sistema de refrigeração.

Por sua vez, Rezende (2012), analisou os pedidos de ressarcimento junto as companhias de energia elétrica em relação aos modelos Split, sempre provocados por sucessíveis quedas de energia. Sendo assim, o autor propõe a inserção do aparelho de ar condicionado Split junto a um aplicativo denominado APR – Analisador de Pedidos de Ressarcimento, no intuito de analisar o desempenho do mesmo.

Desse modo, pôde-se concluir que a manifestação dos danos elétricos está vinculada principalmente a placa eletrônica de entrada, e não do motor da evaporadora, bem como a implementação do aplicativo apresentou comportamento semelhante ao da realidade, podendo ser utilizado como ferramenta de análise dos aparelhos de ar condicionado Split, bem como dos pedidos de ressarcimento.

No que se refere a uma análise exérgica, Mayolino (2015), analisou a eficiência de cada componente do sistema dos condicionadores de ar de uso doméstico, identificando falhas

e estipulando melhorias. O autor estudou a eficiência dos quatro componentes básicos de um aparelho de ar-condicionado que são: o compressor, o condensador, o dispositivo de expansão e o evaporador. A partir desse estudo pode concluir que há uma redução na diminuição da energia destruída do evaporador ao diminuirmos a vazão de escoamento do ar no evaporador do que quando aumentamos o fator de bypass na mesma proporção.

Diante do exposto, faz-se mister apresentar o método de análise do trabalho, pautado na resposta dos objetivos propostos.

2. METODOLOGIA

Sem dúvidas, uma pesquisa científica deve-se pautar numa ordem sistemática de planejamento, de modo a permitir o uso de métodos capazes de dar respostas ao problema de pesquisa posto sob estudo, além de outras indagações subjacentes. Nesta proposta de pesquisa a ideia é descrever e analisar os testes de confiabilidade envolvidos no processo de fabricação dos condicionadores de ar modelo Split hi wall convencional e inverter. Para esse fim, utilizou-se um método de natureza descritiva e explicativa dos testes realizados num laboratório de confiabilidade⁴ de uma indústria localizada no Polo Industrial de Manaus, que produz condicionador de ar tipo Split hi wall. Posteriormente, realizou-se um levantamento de dados envolvendo a satisfação do consumidor nas assistências técnicas autorizadas, descritos ao final deste capítulo.

Primeiramente, os testes e análises foram estruturados com o intuito de evidenciar possíveis falhas relacionadas com o processo de montagem. Tais falhas são oriundas da linha de produção. Ao mesmo tempo, foi realizada a identificação de falhas potenciais provenientes de fornecedores externos. Para tal, realizou-se uma sistematização para descrever e explicar os testes (elétrico, mecânico, performance do produto e de segurança) realizado nos produtos.

Desse modo, os testes e avaliações foram efetivados com intuito de garantir a qualidade do produto fabricado, visando a satisfação do cliente final (consumidor)

⁴ Onde se realiza todos os testes dos produtos fabricados pela empresa, usando métodos para execução de ensaios, buscando avaliar a confiabilidade dos produtos de Condicionador de Ar (CA).

2.1. Teste de performance do condicionador de ar Split.

Os testes dos produtos acabados no modelo de condicionadores ar tipo SPLIT 12000 BTU hi wall, foram realizados no Laboratório de Confiabilidade numa determinada fábrica situada no Polo Industrial de Manaus, avaliando sua performance e desempenho durante o teste, bem como seus parâmetros elétricos, garantindo assim um produto com qualidade e atendendo as necessidades e expectativas do consumidor.

2.2. Materiais utilizados durante a avaliação:

1. Box de Teste de Performance A Gramkow CPT-XM;
2. Software Plis Logger;
3. Software Plis Manager;
4. Software Plis Report;
5. Equipamento OMNIA - (HI - POT);
6. Parafusadeira;
7. Detector de vazamento de gás HDL 5000;
8. Pulseira Anti-estática
- 9 Chave Phillips;
10. Chave Allen;
11. Chave regulável;
12. Leitor óptico;
13. Bomba de Vácuo.

2.3. Procedimentos de teste para avaliação do condicionador de ar Split.

A empresa adota os seguintes procedimentos para avaliar a confiabilidade de seus produtos:

A cada hora de produção é recolhida aleatoriamente 2% de produto produzido e feito os testes no laboratório de confiabilidade. Na ocorrência de não conformidades, essa hora de

produção é bloqueada e os produtos são segregados, para seleção e realização dos testes em 100% destes.

Para fins desse estudo, foram coletadas 30 amostras de condicionador de ar, das quais 15 são modelos Split Hi Wall convencional, bem como 15 modelos Split Hi Wall Inverter, ambos de 12.000 BTU Frio, escolhidos aleatoriamente na linha de montagem para serem avaliados. Sendo assim, foram realizados os seguintes procedimentos:

- Primeiramente o produto passou por uma avaliação visual, desenvolvendo-se inspeção externa com o intuito de observar a parte estética do mesmo. Posteriormente, realizou-se a inspeção visual interna do produto, tanto do evaporador como do condensador, verificando seus principais componentes (capacitor, motor ventilador e compressor, protetor térmico), conforme figuras 05,06 e 07.
- Ao mesmo tempo foram verificadas as informações no corpo do componente, bem como se os mesmos estavam de acordo com a estrutura do produto (exemplos: fabricante, modelo, tensão, tolerância) e de acordo com suas ECs (especificação dos componentes).
- Se as etiquetas que contemplam o produto estão de acordo com a sua estrutura.
- Se as cores e quantidade de voltas do tubo capilar por modelo.
- Verificação das tubulações, se as mesmas estão posicionadas corretamente, evitando atritos e ruídos entre elas.

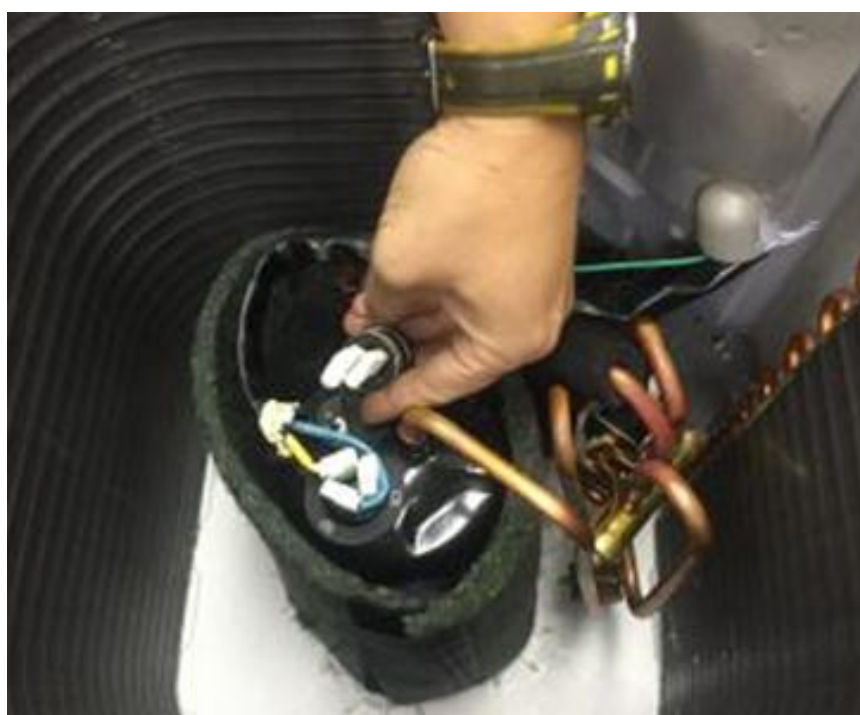


Figura 05 - Inspeção do Compressor, protetor térmico e tubulações
Fonte - Autor: mar.2017



Figura 06 - Inspeção do Capacitor e conexões elétricas.
Fonte - Autor: mar.2017



Figura 07 - Inspeção Hélice, Moto ventilador e Top do produto.
Fonte - Autor: mar.2017

2.4. Testes Elétricos

- Foram realizados testes nos capacitores com o objetivo de avaliar por meio das medições com o multímetro, suas grandezas elétricas (capacitância e tensão).

Tais parâmetros foram testados de acordo com a tensão nominal do produto. Ao mesmo tempo, realizou-se inspeção visual no corpo do componente, observando se as informações do mesmo estavam de acordo com a estrutura do produto (fabricante, capacitância, tensão, tolerância).

Realizou-se o teste elétrico nos produtos, com o intuito de garantir a segurança do produto e do próprio usuário. Nesse sentido, o equipamento utilizado para o teste foi o OMNIA - (HI - POT) conforme figura 08, no qual foram desenvolvidos os seguintes testes demonstrados na figura 09:

- Continuidade de Aterramento: que verifica a continuidade entre a lâmina de aterramento fixada na tomada e a parte metálica do eletrodoméstico.
- Rigidez Dielétrica: O teste é feito para verificar a integridade e a segurança da instalação elétrica.
- Resistência a Isolação: O teste é feito para verificar a integridade do material isolante.



Figura 08 - Instrumento para teste de segurança elétrica OMNIA - (HI - POT)



Figura 09 - Teste elétrico no Produto.
Fonte - Autor: mar.2017.

2.5. Testes Mecânicos

Também foram observados:

- Foi realizada a avaliação no desempenho/resistência dos produtos, quando submetidos a vibrações mecânicas, simulando as alterações de transporte. Tal procedimento visa prevenção de não conformidades originadas em trajetos.

Para tal, utilizou-se o equipamento mesa vibratória conforme demonstrado na figura 10. Sendo assim, o produto foi devidamente embalado, posicionado e fixado com cordas na mesa⁵.

⁵ O objetivo para esse procedimento é deixar a superfície com cantoneiras para evitar danos na embalagem e no produto, ocasionados pelo possível atrito.



Figura 10 - Mesa Vibratória.
Fonte - Autor: mar.2017

- Os torques dos parafusos e porcas com o taquímetro, como mostra figura 11, se estão de acordo com o especificado. O Torque correto garante que durante as movimentações e transportes não haverá desprendimentos das peças e componentes do produto, evitando assim danos os componentes e ao próprio consumidor.



Figura 11 - Verificação de Torque
Fonte - Autor: mar.2017

- Se a fixação dos terminais da rede elétrica da barra de terminais estavam conforme o especificado.
- Posteriormente, realizou-se o teste de vazamento de gás, desse modo, o equipamento utilizado para o teste foi o Detector de vazamento de gás HDL 5000 conforme figura 12. O volume de detecção de vazamento de gás refrigerante é 1,0 g/ano conforme especificado. O primeiro teste é desenvolvido com o produto desligado verificando a possível ocorrência de vazamento de gás refrigerante nos pontos de solda do sistema no lado de baixa pressão conforme figura 13.

Este teste tem o objetivo de garantir que não exista vazamento ou micro vazamento que possam permitir que o gás saia do produto alterando assim a pressão interna do produto e consequentemente afetando na performance do mesmo.

- Com o produto em funcionamento faz-se novamente o teste de vazamento de gás refrigerante nos pontos de solda da tubulação do sistema no lado de alta pressão, com Detector de vazamento de gás HDL 5000 conforme Figura 12.



Figura 12 - Detector de vazamento de gás refrigerante HDL 5000
Fonte- Autor: mar.2017



Figura 13 - Teste de vazamento de gás refrigerante com o Detector HDL 5000
Fonte - Autor: mar.2017

- Foi realizada análise do motor ventilador através do monitoramento da rotação, medindo o RPM tacômetro, verificando se o mesmo estava de acordo com a especificação do produto (EP), como mostra na tabela de velocidade de rotação do motor ventilador unidade interna e externa conforme as figuras 14 e 15. Para tal utilizou-se uma fita refletora do tacômetro no eixo do motor ventilador para medir o RPM.

TABELA DA VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DO MOTO VENTILADOR UNIDADE INTERNA						
Modelo	Unidade	Turbo	Alta	Média	Baixa	Tolerância
12000 BTU Frio Inverter	RPM	1350	1250	1100	950	±30RPM
12000 BTU Frio Convencional	RPM	1350	1250	1100	950	±30RPM

Figura 14 - Velocidade de rotação do motor ventilador da unidade evaporadora.

TABELA DA VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DO MOTO VENTILADOR UNIDADE EXTERNA					
Modelo	Unidade	Alta	Média	Baixa	Tolerância
12000 BTU Frio Inverter	RPM	800	*	*	±30RPM
12000 BTU Frio Convencional	RPM	830	*	*	±25RPM

Figura 15 - Velocidade de rotação do motor ventilador da unidade condensadora

Em seguida, foi realizada a seguinte preparação no aparelho para o teste quando este estiver em funcionamento:

2.6. Método do teste de performance.

Foram realizados os seguintes procedimentos:

- Retiraram-se tampões/arruelas de cobre das Válvulas na Unidade Interna.
- Acoplou-se a válvulas de latões nas tubulações, conforme da unidade externa na amostra da unidade interna conforme figura 16:

- ✓ Tubo de maior diâmetro no tubo de sucção
- ✓ Tubo de menor diâmetro no de descarga



Figura 16 - Tubulações acopladas (unidade interna e externa).
Fonte - Autor: mar.2017

- Abriu-se válvula de sucção e descarga verificando visualmente possíveis vazamentos nas uniões das válvulas por falta de aperto conforme Figura 12.
- Colocaram-se os sensores de temperatura identificados entrada de ar do evaporador e saída de ar do evaporador conforme Figura 17 e 18. Foram posicionados os sensores termopares dispostos na seguinte forma: T1 - Saída de ar do evaporador e T2 - Entrada de ar do evaporador



Figura 17 - Sensor de temperatura na entrada do evaporador (T2)
Fonte - Autor: mar.2017



Figura 18 - Sensor de temperatura na saída do evaporador (T1)
 Fonte - Autor: mar.2017

- Ligou-se o produto na tensão conforme tabela Figura 19 e em seguida liberou-se o teste por meio do leitor digital lendo o código de barras do modelo da unidade interna. Para a realização desse teste, o produto é ligado na tensão conforme tabela abaixo.

Tensão (V)	Mínima* (V)	Máxima* (V)
220	198	242

Figura 19 – Tensão utilizada no teste

Após esses procedimentos, realizou-se o funcionamento dos produtos, conforme figura 20, demonstrada a seguir. Nesse procedimento foi avaliado o desempenho de performance do mesmo.

Para a realização desse teste de avaliação, utilizou-se um equipamento A Gramkow CPT-XM, cujo objetivo é monitor os parâmetros elétricos do produto (tensão, corrente, potência), além da vazão de gás e temperatura por meio desse equipamento.



Figura 20 - Produto em teste funcional
Fonte - Autor: mar.2017

2.7. Testes com os aparelhos em funcionamento:

- Com o produto em funcionamento fez-se o teste de vazamento de gás refrigerante nos pontos de solda da tubulação do sistema no lado de alta pressão, com Detector de vazamento de gás HDL 5000 conforme citado acima.
- Foi realizado a análise do motor ventilador através do monitoramento da rotação, medindo o RPM com tacômetro conforme citado acima.
- Avaliação do compressor foi realizada através da verificação dos modos de funcionamento do produto. Após o compressor ligar, selecionou-se via controle remoto o **modo Ventilação**, observando o desligamento do compressor bem como em seguida o **modo resfriamento**, observando após 03 minutos a atuação do compressor, no qual o produto funcionou por meia hora nas condições específicas, sem desarme dos protetores térmicos.
- A avaliação do funcional do produto se deu por meio do sistema de monitoramento do equipamento A Gramkow figura 21, onde os parâmetros elétricos (Corrente, Tensão, Potência), além da Temperatura e Pressão, são medidos em tempo real no próprio equipamento.



Figura 21 - Equipamento AGramkow.
Fonte - Autor: mar.2017

Os critérios para aprovação ou reprovação dos produtos foram retiradas das especificações contidas na tabela abaixo na figura 22. Os parâmetros analisados foram: Pressão, Potência, Corrente e Variação de Temperatura os quais deveriam estar de acordo com as especificações na EP (Especificação do produto), contidas na tabela abaixo (figura 20). No equipamento AGramkow, também existe um Software que gera o gráfico de performance do produto durante os testes, bem como uma leitura de cada parâmetro dos respectivos testes em que ficam armazenadas em Excel no computador, de modo que tal leitura é realizada a cada instante que foi programada.

PARÂMETROS PARA TESTE DE PERFORMANCE									
Modelo	Corrente (A) Nominal	Corrente (A) Limites: Mínima e Máxima	Potência (W)	Potência (W) Limites: Mínima e Máxima	Tensão (V)	Tensão (V) Limites: Mínima e Máxima	$\Delta T=T1-T2$ Temp. Mín. (°C)	$\Delta T=T1-T2$ Temp. Máx. (°C)	Pressão de descarga (Bar) Limites: Mínima e Máxima
12000 Btu Frio Inverter	5,5A $\pm 20\%$	4,4-6,6	1085W $\pm 20\%$	868-1302	220V $\pm 10\%$	198-242	-30	-6	7,6-11,4
12000 Btu Frio Convencional	5,1A $\pm 20\%$	4,08-6,12	1085W $\pm 20\%$	868-1302	220V $\pm 10\%$	198-242	-30	-6	8,8-13,2

Figura 22 - Parâmetros de performance do AGramkow.

Além disso, foram levantados dados de campo nas assistências técnicas autorizadas da referida empresa nos últimos 06 meses (novembro e dezembro) do ano 2016 e (janeiro, fevereiro, março e abril) do ano de 2017.

Tais dados referem-se a um indicador utilizado pela empresa, com o intuito de realizar uma avaliação da qualidade dos produtos fabricados. Isso se deve para identificar se os produtos fabricados estão com a devida qualidade que a mesma preza, e ao mesmo tempo garantir que os testes realizados dentro da fábrica estão sendo eficazes para contenção de possíveis defeitos zero hora⁶.

Tal indicador é denominado SCR (Taxa de chamada de serviço), cuja meta estipulada pela Empresa é de 0.9, que é calculado da seguinte forma:

$$SCR_i = \frac{Qty_{served}_i}{\frac{S_{i-1}}{4} + \frac{S_{i-2} + \dots + S_{i-4}}{12} + \frac{S_{i-5} + \dots + S_{i-12}}{16}}$$

SCR_i = taxa de chamada de serviço mês;

SC_i (OS_i) = Chamada de serviço do mês;

S_i = Venda do mês;

SCR menor ou igual a 0.9 está aprovado.

Isto posto, observar-se-ão os resultados encontrados na pesquisa, verificados a seguir.

⁶ Refere-se ao problema de fábrica, no qual o cliente ao receber o produto não o utilizou uma hora sequer devido ao seu defeito.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na avaliação do desempenho de performance, nas amostras testadas do modelo inverter não houve alterações fora do especificado, de modo que os 15 produtos foram devidamente aprovados em relação aos seus parâmetros - corrente, tensão, potência, temperatura e pressão - e estavam dentro do especificado para o produto, conforme figura 23.

Modelo: Inverter 12000 BTU Frio				
AMOSTRAS	APROVADO		REPROVADO	
15	15	100%	0	0%

Figura 23 - Produtos SPLIT inverter testado.

No que se refere às amostras testadas do modelo Convencional foi apresentada alteração em 01 dos 15 produtos testados, conforme mostra a figura 24. Tal produto reprovado apresentou defeito na pressão, corrente e potência. Os demais - 14 produtos - foram aprovados em relação aos seus parâmetros - corrente, tensão, potência, temperatura e pressão - e se encontravam dentro do especificado para o produto.

Modelo: Convencional 12000 BTU Frio				
AMOSTRAS	APROVADO		REPROVADO	
15	14	93,34%	1	6.66%

Figura 24 - Produtos SPLIT convencional testado.

O produto o reprovado nesta avaliação foi direcionado para a Área de Retrabalho e feito análise e correção, ao mesmo tempo a produção/hora foi segregada para seleção em 100%, tendo em vista que foi detectada uma falha nessa hora de produção.

Após a correção, o produto foi colocado novamente na linha de produção onde passou novamente pelo teste no Carrossel de Performance⁷.

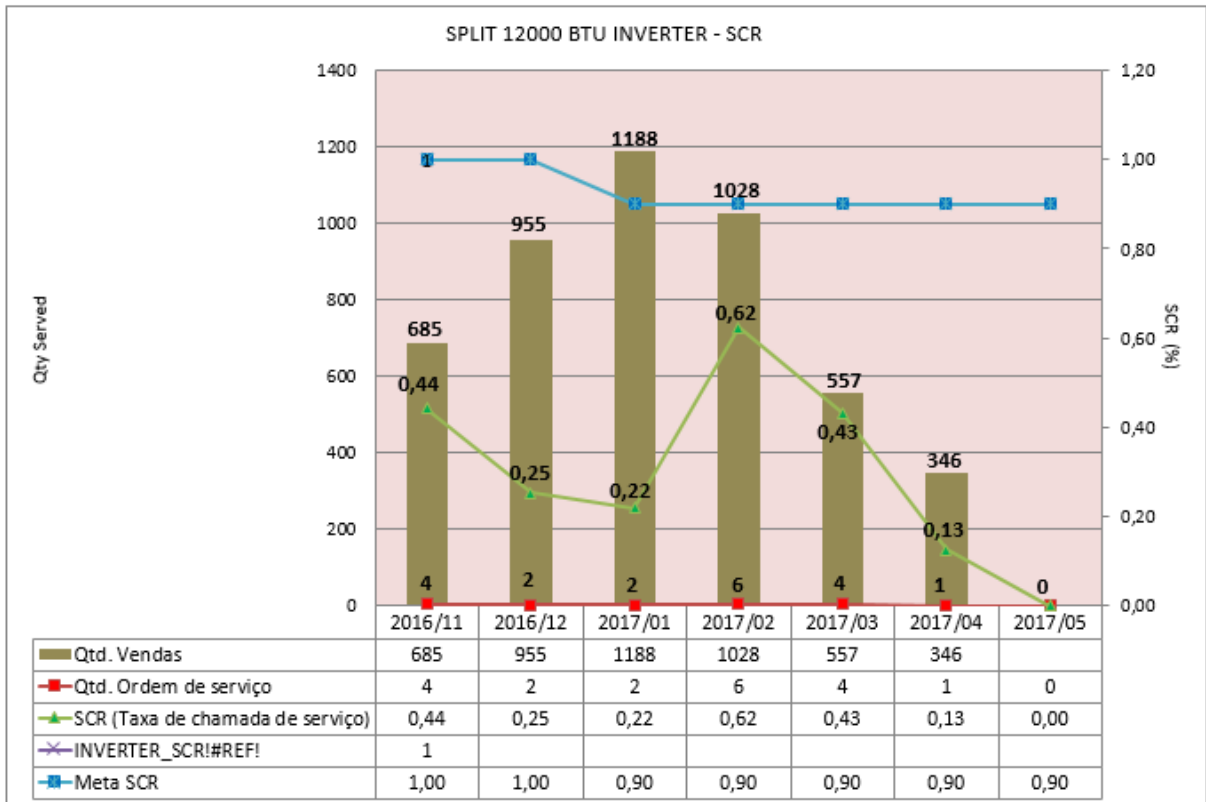
Em relação a pesquisa realizada junto as assistências técnicas autorizadas, os resultados foram satisfatórios, posto que o indicador SCR da Empresa (Taxa de chamada de serviço) ficou abaixo do limite estipulado pela empresa (0.9), ou seja, está dentro do que foi proposto para esse período.

Os dados obtidos na pesquisa de campo para o modelo Inverter estão descritos na figura 25, nas quais se mostram os gráficos com os valores encontrados. Para esse fim, descreve-se a legenda:

- A linha Azul é a meta do SCR estipulado pela Empresa.
- A linha com a cor verde é o SCR mês.
- A linha na cor vermelho são as ordens de serviços.
- A torre Marrom são os produtos vendidos do mês.

Como se pode observar no gráfico, comprovam que os produtos fabricados são feitos com qualidade, bem como os testes utilizados para garantir a qualidade são eficientes.

⁷ Teste que avalia os parâmetros elétricos (tensão, corrente, pressão, potência e temperatura) do produto em funcionamento.

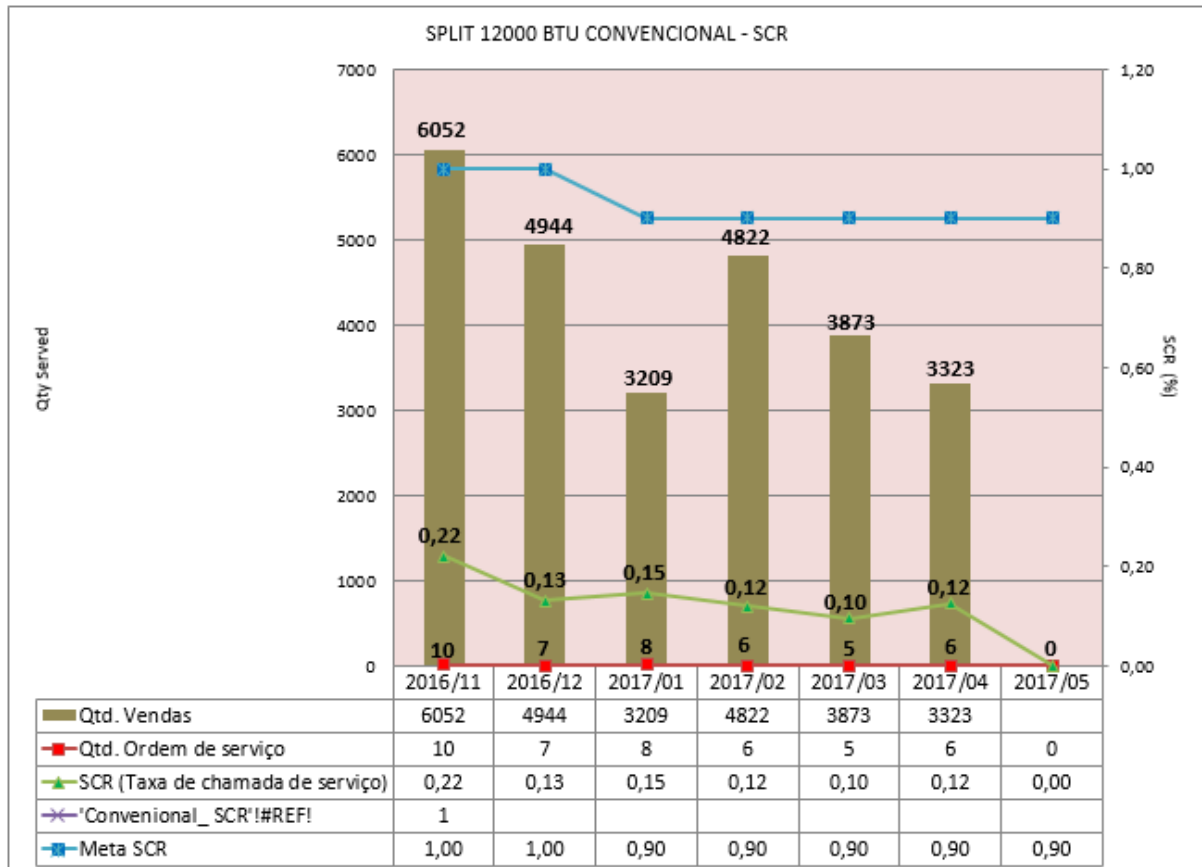


Mês	2016/11	2016/12	2017/01	2017/02	2017/03	2017/04	2017/05
Qtd. Vendas	685	955	1188	1028	557	346	
Qtd. Ordem de serviço	4	2	2	6	4	1	0
SCR (Taxa de chamada de serviço)	0,44	0,25	0,22	0,62	0,43	0,13	0,00
Meta SCR	1,00	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90

Figura 25 - SCR SPLIT Inverter.

Média: 0.35, isto é < 0.9 , resultado aprovado.

As mesmas informações se aplicam para o modelo Convencional conforme figura 26, demonstrando que o resultado da pesquisa de campo também foi satisfatório para esse modelo, haja vista que o índice de serviço foi abaixo do limite estipulado pela Empresa, como podemos comprovar no gráfico – figura 26.



Mês	2016/11	2016/12	2017/01	2017/02	2017/03	2017/04	2017/05
Qtd. Vendas	6052	4944	3209	4822	3873	3323	
Qtd. Ordem de serviço	10	7	8	6	5	6	0
SCR (Taxa de chamada de serviço)	0,22	0,13	0,15	0,12	0,10	0,12	0,00
Meta SCR	1,00	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90

Figura 26 - SCR SPLIT Convencional

Média: 0.14, isto é < 0.9 , resultado aprovado.

Diante do exposto, ressalta-se a qualidade dos produtos, garantidos pelos testes de confiabilidade.

4. CONCLUSÃO

Por meio desse estudo, foi possível visualizar o processo de teste da qualidade dos condicionadores de ar de uma determinada empresa, especificamente dos modelos Split Hi-wall convencional e inverter de 12.000 btus.

Observou-se que os testes são cuidadosos, haja vista que condicionadores de ar são bens de consumo duráveis e de relevante importância para o bem estar do consumidor, além do custo da mercadoria ser de elevado valor. Nesse sentido, manter o bom nome de uma marca faz toda a diferença para sobrevivência no mercado.

Isto posto, a pesquisa demonstrou que os produtos são de satisfatória qualidade para os consumidores e estão dentro dos parâmetros exigidos, haja vista que os testes de qualidade contribuem para que tais produtos cheguem ao consumidor final e atenda as expectativas destes.

Esta pesquisa vem contribuir com o conjunto de estudos realizados referentes os condicionadores de ar.

Por fim, pode-se sugerir para próximos estudos acadêmicos, no que se refere acerca dessa temática: analisar a durabilidade dos condicionadores de ar, bem como uma comparação de eficiência, consumo de energia e custo benefício dos modelos convencional e inverter.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

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 de 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.

BESSA, Carlos Vinicius Xavier. Estudo sobre troca de condicionadores de ar para melhoramento do consumo energético pelo método do valor presente líquido. **XVII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica**. Viçosa, Minas Gerais, 2010. Disponível em: <http://www.abcm.org.br/anais/creem/2010/TRABALHOS/SF/SF-11.pdf>. Acesso: 04. Mar 2017.

GONÇALVES, Luciene Pavanello. **Condicionamento de ar e sua evolução tecnológica**. São Paulo: Universidade Anhembí Morumbi, 2005. Disponível em: <http://engenharia.anhembib.com.br/tcc-05/civil-36.pdf>

LIMA, ALESSANDRO GUEDES et. al. Ar condicionado dessecante para clima úmido. **IX Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas**. Caxambu, Minas Gerais, 2002. Disponível em: <http://www.abcm.org.br/app/webroot/anais/encit/2002/Paper-title/28/CIT02-0608.PDF>. Acesso em: 04 mar. 2017

MAYOLINO, Bernardo Gelelete. *Análise exergética para condicionadores de uso de ar doméstico* 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal do Rio de Janeiro.

REZENDE, Paulo Henrique de Oliveira. Uma proposta de modelagem de condicionadores de ar Split visando a análise de pedidos de ressarcimento por danos elétricos. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) Universidade Federal de Uberlândia.

RIGOTTI, Pedro Antônio Cardias. Projeto de aproveitamento de água condensada de sistema de condicionadores de ar. 2014 Monografia (Curso de Engenharia Mecânica) UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. Controle da qualidade: as ferramentas essenciais. – Curitiba: Editora IBPEX, 2008.

SILVA, Gilberto Elias. *Estudo da eficiência energética de um condicionador de ar por compressão de vapor integrado a sistemas de resfriamento evaporativo direto por aspersão*

2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade de Taubaté – UNITAU, Taubaté, São Paulo.

SILVA, Vladimir Freitas Paixão. *Impactos da redução do consumo de energia elétrica em Manaus através de medidas de eficiência energética em climatização residencial* 2008. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica, Campina, São Paulo.

TEBCHIRANI, Tarik Linhares. *Análise termodinâmica experimental de um sistema de ar condicionado Split utilizando um trocador de calor linha de sucção/linha de líquido* 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho. Et al. *Eficiência energética: fundamentações e aplicações*. Elektro, Campinas 2012. 1 ed.