

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

FRANCISCO JOSÉ COSTA GUTERRES

**PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE EM AR
CONDICIONADOS DO CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS DO CAMPUS
PAULO VI**

SÃO LUÍS

2019

FRANCISCO JOSÉ COSTA GUTERRES

**PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE EM AR
CONDICIONADOS DO CENTRO DE CIENCIAS TECNOLOGICAS DO CAMPUS
PAULO VI**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro de Ciências Tecnológicas - CCT/UEMA, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof^ª. Dr^º. Fernando Lima de Oliveira

SÃO LUÍS

2019

Guterres, Francisco José Costa.

Plano de manutenção, operação e controle em ar condicionados do Centro de Ciências Tecnológicas do Campus Paulo VI / Francisco José Costa Guterres. – São Luís, 2019.

87 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Lima de Oliveira.

1.Ar condicionado. 2.Climatização. 3.Manutenção. 4.Centro de Ciências Tecnológicas. 5.Split. I.Título

CDU: 621.5

FRANCISCO JOSÉ COSTA GUTERRES

**PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE EM AR
CONDICIONADOS DO CENTRO DE CIENCIAS TECNOLOGICAS DO CAMPUS
PAULO VI**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro de Ciências Tecnológicas - CCT/UEMA, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovada em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Profº. Drº. Fernando Lima de Oliveira (Orientador)
Doutor em Engenharia Aeronáutica e Mecânica
Universidade Estadual do Maranhão

Profº. Msc. Reginaldo Nunes da Silva (1º Examinador)
Mestre em Engenharia da Computação e Sistemas
Universidade Estadual do Maranhão

Profº. Msc. Amadeu Santos Nunes Júnior (2º Examinador)
Mestre em Engenharia de Materiais
Universidade Estadual do Maranhão

A minha eterna avó Maria da Paz Guterres, que por sua capacidade de acreditar e investir em mim, me apoiou e incentivou dando forças e coragem pra seguir em frente. A toda minha família, que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, estando ao meu lado me dando força, saúde, ânimo e esperança para não desistir e continuar lutando;

Aos meus pais, que nunca desistiram de mim, me ofereceram amor, incentivo e apoio incondicional, pelo seu exemplo de vida, reconheço tudo que fizeram por mim;

À minha mãe Maria Cezarina Sousa Costa que batalhou muito para me oferecer uma educação de qualidade, sempre acreditando em meu potencial, cuidando e ensinando valores importantes;

Ao professor Fernando Lima de Oliveira, pela orientação, apoio, confiança, preocupação, incentivo e oportunidade de elaboração deste trabalho;

A Suzyanne Ferres, que com compreensão, não me deixou desistir, colocou esperança e apoio para que este momento se realizasse;

Meus agradecimentos aos amigos, companheiros de trabalhos e irmãos por todo apoio, carinho e inspiração, que fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente.

Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.

Charles Chaplin

RESUMO

A climatização de ambientes é fundamental para um melhor desempenho das atividades e conservação de materiais em determinado espaço. Para melhorar o conforto e a qualidade do ar dos ambientes do Centro de Ciências e Tecnológicas, faz uso de aparelhos condicionadores de ar, onde predomina os do tipo Split. Como as atividades de manutenção são essenciais para manter desempenho apropriado de todo sistema, realiza-se serviços de manutenção nos diversos equipamentos do prédio. Porém a realidade encontrada não é satisfatória no que diz respeito a funcionalidade dos ar condicionados, pois existem problemas físicos com estrutura do prédio inadequada para receber os condicionadores de ar, problemas elétricos com redes inadequadas e com baixa capacidade de carga, e problemas com a falta ou incorreta conservação dessas máquinas. Dessa forma este trabalho tem como objetivo fazer a relação dos condicionadores de ar e as condições em que se encontram, e propor medidas para melhoria desse cenário. Através disso, elaborar um plano para a manutenção, operação e controle adequado desses equipamentos. Ainda são propostas medidas para melhorar a estrutura física e elétrica afim de proporcionar o melhor desempenho do sistema de climatização.

Palavras-chave: Climatização, Centro Ciências Tecnológicas, Ar-condicionado, Split, Manutenção.

ABSTRACT

The climate of environments is fundamental for a better performance of the activities and conservation of materials in a certain space. To improve the comfort and the air quality of the environments of the Center of Sciences and Technological, it makes use of air conditioners, where the Split type predominates. As maintenance activities are essences to maintain proper performance of the entire system, maintenance services are performed on the various equipment in the building. However, the reality found is not satisfactory with respect to the functionality of the conditioned air, since there are physical problems with inadequate building structure to receive the air conditioners, electrical problems with inadequate networks and low load capacity, and problems with the lack or incorrect conservation of these machines. In this way, this work has as objective to make the inventory of air conditioners and the conditions in which they are found, and to propose measures to improve this scenario. Through the elaboration of a plan for the proper maintenance and at the right moment, operation and control of the services and of these equipments. Measures are still proposed to improve the physical and electrical structure in order to provide the best performance of the air conditioning system.

Keywords: Air conditioning, Technological Sciences Center, Air-conditioning, Split, Maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Esquemático de Psicrométrica.....	20
Figura 3.2 - Willis Carrier.....	22
Figura 3.3 - Interior do ACJ.....	24
Figura 3.4 - Split Hi-Wall (A) Evaporador, (B) Condensador e (C) Controle Remoto.....	26
Figura 3.5 - Split Piso Teto.....	27
Figura 3.6 - Split Cassete.....	27
Figura 3.7 - Dutado ou Buillt In.....	28
Figura 3.8 - Canto Teto (esquerda) e Quatro cantos (direita).....	29
Figura 3.9 - Sistema Multi Split.....	30
Figura 3.10 - Exemplo de instalação do Multi Split.....	30
Figura 3.11 - Sifão na saída do evaporador.....	34
Figura 4.1 - Estacionamento Frontal do CCT.....	46
Figura 4.2 - Estacionamento Frontal do CCT.....	47
Figura 4.3 - Lab. de Pavimentação: área à frente (esquerda) e área ao fundo (direita).....	47
Figura 4.4 - Hall arborizado interno do CCT.....	48
Figura 4.5 - Hall Interno em frente ao curso de CFO/BM.....	48
Figura 4.6 - Janelas veneziana das salas de aula (esquerda) e fenda no forro da sala (direita).....	49
Figura 4.7 - Sujeira no teto das salas.....	49
Figura 4.8 - Fachadas do CCT.....	50
Figura 4.9 - Quadro de distribuição e fiação exposta ao sol e chuva.....	51
Figura 4.10 - Quadro de distribuição ao lado do laboratório de informática.....	51
Figura 4.11 - Quadros de distribuição de alguns setores do CCT.....	52
Figura 4.12 - Ninho de ave em fios elétricos do “NUTENGE”.....	52
Figura 4.13 - Aparelhos com falta de manutenção.....	53
Figura 4.14 - Aparelho próximo ao teto a esquerda, e descentralizado a direita.....	54
Figura 4.15 - Erro de instalação da tubulação.....	54
Figura 4.16 - Tubulação frigorífica de alta e baixa pressão juntas.....	55
Figura 4.17 - Tubulação frigorífica de alta e baixa pressão juntas.....	55
Figura 4.18 - A direita aparelho danificado e a esquerda telas de proteção, ambas sob ação de corrosão.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Relação de condicionadores de ares do CCT	57
Tabela 4.2 - Capacidade térmica do sistema de climatização dos prédios do CCT	62
Tabela 5.1 -Identificação das entidades envolvidas em plano de manutenção	66
Tabela 5.2 - Atividades e periodicidade de manutenção para ar condicionados do tipo Split	67
Tabela 5.3 - Controle das atividades de manutenção	69
Tabela 5.4 - Ficha para Análise da qualidade do ar com referência na RE N° 09	70

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento

ACJ – Ar Condicionado de Janela

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

Btu – British Thermal Unit, que significa Unidade Térmica Britânica

°C – Graus Celsius

CCT – Centro de Ciências Tecnológicas

CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CR – Ciclo Reverso, opera para Refrigeração e Aquecimento

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

°F – Graus Fahrenheit

FR – Ciclo Frio, opera somente para Refrigeração

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

Kcal/h – Kilo calorias por Hora

KVA – Quilovolt Ampér

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Microgramas por Metro Cúbico

NBR – Norma Brasileira

NT – Normas Técnicas

PMOC – Plano de Manutenção Operação e Controle

Ppm – Partes por Milhão

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PVC – Policloreto de Vinila TR – Tonelada de Refrigeração

UEMA – Universidade Estadual do Maranhão

Ufc/m^3 – Unidade Formadora de Colónias por Metro Cúbico

UR – Umidade Relativa do Ar

VMR – Valor Máximo Recomendável

W – Umidade Absoluta do Ar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 REVISÃO DA LITERATURA	17
3.1 Qualidade do Ar	17
3.2 Climatização de Ambientes	18
3.2.1 Cálculo de Carga Térmica	21
3.3 Ciclo de Funcionamento de Ar Condicionado do Tipo Split	21
3.4 História do Ar Condicionado	22
3.5 Tipos de Equipamentos	23
3.5.1 Ar Condicionado de Janela - ACJ	24
3.5.2 Split Sistem	25
3.5.3 Split Hi-wall	25
3.5.4 Split Piso Teto	26
3.5.5 Split Cassete	27
3.5.6 Dutado (Built In)	28
3.5.7 Outros Modelos de Split	29
3.5.8 Multi Split	29
3.6 Partes Integrantes de um Sistema de Ar Condicionado do Tipo Split	31
3.6.1 Unidade Condensadora	31
3.6.2 Unidade Evaporadora	32
3.6.3 Dispositivos ou Válvulas de Expansão	32
3.6.4 Tubulação Frigorífica	33
3.6.5 Rede Elétrica	34
3.6.6 Dreno	34
3.6.7 Componentes Auxiliares	35
3.7 Manutenção	37
3.7.1 Definições de Manutenção	37
3.7.2 Benefícios da Manutenção	37

3.7.3 Tipos de Manutenção	38
3.8 Plano de Manutenção Operação e Controle – PMOC	39
3.8.1 Definições	39
3.8.2 Legislação Aplicáveis	41
3.8.3 Normais Aplicáveis	42
3.8.4 Ficha PMOC – Ministério da Saúde	44
4 PLANO DE MANUTENÇÃO DO CCT	45
4.1 Metodologia	45
4.2 Condições Físicas do CCT	45
4.3 Condições das Instalações Climáticas do CCT	52
4.4 Relação dos Condicionadores de Ar do CCT	56
5 RESULTADOS E DISCURSÕES	63
5.1 Proposta para melhoria da estrutura física	63
5.2 Proposta para melhoria da rede elétrica	64
5.3 Proposta para melhoria das instalações dos ar condicionados	64
5.4 Proposta para as Manutenções do Sistema de Climatização	65
5.5 Estratégia de Coleta de Dados de Manutenção e Avaliação do Sistema	70
6 CONCLUSÃO	72
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	73
REFERÊNCIAS	74
ANEXOS	77

1 INTRODUÇÃO

É de grande importância dentro das instituições, o planejamento e gestão da atividade de manutenção, isso principalmente pelo fato de estar ligada diretamente com o objetivo da organização, como queda de custos, garantia de qualidade e disponibilidade de máquinas, segurança e conforto de pessoal, em que determinadas condições para esses parâmetros são ideais para gerar resultados satisfatórios nas áreas da qualidade, confiabilidade e custo benefício (GOMES et al., 2011).

Junior (2012), também afirma que parâmetros relacionados com o setor de manutenção, como produtividade, taxa de utilização e confiabilidade dos equipamentos, custos e outros, são fundamentais para a finalidade da instituição, tornando a manutenção uma área essencial.

Nota-se uma grande evolução do setor econômico do mundo, através do avanço tecnológico, da globalização, com o fim das limitações, a implementação da sustentabilidade e a responsabilidade social que a instituição detém. Assim lado a lado, aumentam as disputas entre as organizações, onde são sujeitas a efetuar melhorias contínuas, inovando e qualificando processos e serviços de acordo com o mercado (COSTA, 2013).

De acordo com Kardec e Nascif (2009), os processos de manutenção não devem ser apenas eficientes, mas também devem ser eficazes, dessa forma, não se deve apenas ser ágil na reparação de equipamentos ou instalações, mas também, é fundamental, conservar a máquina para que funcione com qualidade na operação, evitando problemas na máquina, diminuindo o risco de uma parada nas atividades da organização.

O bom planejamento da manutenção indica também qual deve ser o tipo de manutenção aplicada no equipamento e adotada na empresa, dependendo das características e necessidades da organização, correspondendo ao tipo que gere menor custo e apresente o nível ótimo de manutenção (JUNIOR, 2012).

Gerenciar de forma perfeita os diversos fatores envolvidos na gestão da manutenção: desde o planejamento de compras e formação de estoques de materiais até a intervenção na produção, com paradas previstas, tornam fundamental planejar a manutenção. Com isso, para que seja constituído um plano de manutenção que atenda os objetivos da instituição, com redução de custo, crescente disponibilidade e vida útil das máquinas e tornando o ambiente de trabalho mais seguro, deve ser feito um estudo detalhado de cada área

e ativo físico, dando ênfase a criticidade para o processo e os impactos de uma parada forçada (COSTA, 2013).

Toda organização procurando boa qualidade, tem em qualquer sistema diretamente ligado as atividades, a necessidade de melhoria, em que é um fator fundamental para quem utiliza-o, a boa qualidade do ar no ambiente (ANTONOVICZ e WEBER, 2013), conforme é possível encontrar na portaria nº 3.523 do Ministério da Saúde.

Todos os sistemas de climatização precisam estar em um estado aceitável de limpeza, manutenção, operação e controle, segundo a portaria 3.523 do Ministério da Saúde, tendo em vista a prevenção de riscos à saúde das pessoas que transitam nesses ambientes. Contudo devem ser seguidas recomendações, como garantir com qualidade a renovação do ar de ambientes climatizados em no mínimo $27\text{m}^3/\text{hora}/\text{pessoa}$ e ter um responsável técnico, para sistemas de capacidade acima de 5 TR ($15.000\text{ kcal/h} = 60.000\text{ Btu/h}$). Onde o não cumprimento desta portaria fica sujeito a infrações e penalidades ao responsável pela instituição.

O objetivo do Plano de Manutenção Operação e Controle – PMOC do Ministério da Saúde, é a melhoria da qualidade do ar em interiores de ambientes climatizados, obtendo assim um ar puro, livre de contaminantes dos quais podem ser responsáveis por doenças respiratórias, busca também reduzi o consumo de energia e prolongar a vida útil do equipamento, evitando quebras e reduzindo os gastos com troca de peças.

De acordo com a resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, de Nº 09 de 16 de Janeiro de 2003, foi elaborada uma orientação técnica para padrões referências de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar o plano de manutenção, operação e controle – PMOC, para os aparelhos de ar condicionado do tipo Split do Centro de Ciências Tecnológicas do campus Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, de acordo com a portaria nº 3.523 do Ministério da Saúde.

2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar as condições atuais do sistema de climatização do Centro de Ciências Tecnológicas, e da estrutura do prédio e da rede elétrica em relação a climatização;
- Elaborar a relação de ambientes ou conjunto de ambientes climatizados por aparelhos condicionadores de ar do Centro de Ciências Tecnológicas, com o quantitativo de maquinas, capacidade, tipo e fabricante;
- Propor melhorias para o cenário encontrado, para a estrutura física, elétrica e dos ar condicionados.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão apresentados conceitos e elementos relevantes ao trabalho.

3.1 Qualidade do Ar

A saúde dos ocupantes de ambientes climatizados, está relacionada diretamente com a qualidade do ar interior do local, portanto é essencial a manutenção dos aparelhos de distribuição de ar. A conservação de condições adequadas do estado de limpeza, manutenção, operação e controle do sistema de climatização é regulamentada pelas normas do Ministério da Saúde, que pretende prevenir riscos à saúde dos usuários (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998).

Os padrões referenciais de qualidade do ar interior em lugares climatizados de uso público e coletivo, é proposto pela resolução da ANVISA nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Onde de acordo com a RE nº 9, existem contaminações por agentes biológicos como bactérias, fungos, protozoários, vírus, algas, pólen, artrópodes e animais, e agentes químicos como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃), formaldeído, material particulado, fumo de tabaco, compostos orgânicos voláteis, dentre outros agentes estes poluentes químicos são os de maior ocorrência nos interiores.

O nível para contaminação biológica deve ter valor máximo recomendável (VMR) igual a 750 ufc/m³ de fungos, entre a quantidade de fungos no ambiente interno (I) e externo (E), tem a relação I/E igual a 1,5. Quando um desses parâmetros for ultrapassado deverá ser feita uma intervenção corretiva. É também inaceitável a presença de fungos patogênicos e toxigênicos. Para contaminação química o VMR é igual a 1000 ppm de CO₂, como indicador de ar externo e igual a 80 µg/m³ de aerodispersóides totais no ar, como indicador de grau de pureza do ar (RE N°09 da ANVISA, 2003).

Ainda segundo esta resolução da ANVISA as medidas apropriadas para fatores físicos de temperatura, umidade, velocidade e taxa de renovação do ar e de grau de pureza do ar, é obrigada a está conforme a NBR 6401 – Instalações centrais de ar condicionado para conforto – Parâmetros básicos de projeto da ABNT.

A RE nº 9 da ANVISA, recomenda a aplicação das normas técnicas 001, 002, 003 e 004, com o intuito de avaliar e controlar o ar interior de ambientes. Abaixo são descritas cada norma:

- NT 001: Método de amostragem e análise de bioaerosol em ambientes interiores, com objetivo de pesquisa, monitoramento e controle ambiental da possível colonização, multiplicação e disseminação de fungos em ar ambiental interior.
- NT 002: Método de amostragem e análise da concentração de dióxido de carbono em ambientes interiores, com objetivo de pesquisa, monitoramento e controle do processo de renovação de ar em ambientes climatizados.
- NT 003: Método de amostragem, determinação da temperatura, umidade e velocidade do ar em ambientes interiores, com objetivo de pesquisa, monitoramento e controle do processo de climatização de ar em ambientes climatizados.
- NT 004: Método de amostragem e análise de concentração de aerodispersóides totais em ambientes interiores climatizados, com objetivo de pesquisa, monitoramento e controle de aerodispersóides totais em ambientes interiores climatizados.

3.2 Climatização de Ambientes

São procedimentos que pretendem atingir determinadas condições do ar nos mais variados ambientes, com a intenção de favorecer as pessoas que transitam no local, conforto e qualidade no ar, e/ou, garantir para equipamentos e processos condições específicas impostas (ARAÚJO, 2011).

Conforme o sentido técnico de aplicação, a conservação do ar, é um método de tratamento de ar com propósito de regular de forma simultânea características do ar como a temperatura, umidade relativa através da remoção ou adição de vapor de água, a pureza por meio dos filtros, distribuição com recurso de ventilador, difusor e duto, de um determinado ambiente (INFRAERO, 2009).

Segundo a ABNT (NBR 6401) a conservação do ar, em todas as suas destinações, requer o manejo em intervalos de valores das seguintes grandezas descritas, que

correspondem ao estado desejado dentro do ambiente, que devem ser mantidos durante o período de atuação do sistema:

- a) Temperatura do ar (aquecimento e resfriamento);
- b) Umidade relativa do ar (níveis de vapor de água);
- c) Movimentação do ar (ventilação e direcionamento);
- d) Nível de pureza do ar (filtragem);
- e) Nível de ruído admissível (lubrificação e redução de folgas);
- f) Porcentagem ou volume de renovação de ar (quantidade de ar renovado por tempo).

Outros conceitos básicos para climatização de acordo com a Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL (2011) são:

- a) Temperatura é uma propriedade da matéria, é uma grandeza do grau de energia de um corpo. Temperaturas elevadas indicam grande quantidade de energia do corpo, afirmando desse modo que o corpo está quente. Determinou-se que a temperatura é uma função da energia cinética interna, sendo relacionada com a velocidade molecular. No sistema internacional é expressa em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), mais pode ser encontrada em Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) e outras unidades.
- b) Calor Sensível ocorre quando existe troca de calor, tanto para adição como para remoção, com variação no nível de temperatura, isso sem alteração de estado físico.
- c) Calor Latente ocorre quando existe troca de calor com alteração de estado físico, sem mudança de temperatura.
- d) Umidade Relativa do Ar é a relação aproximada entre as massas de vapor d'água existente num volume e a massa de vapor que saturaria aquele volume, a mesma temperatura e pressão total. Para sua medida os profissionais da área utilizam geralmente os psicrômetros, mas também é possível medir com ajuda de higrômetros. Os psicrômetros se constituem basicamente de dois termômetros, um de bulbo seco e outro de úmido, e a partir destas quantidades, a umidade do ar pode ser analisada em uma carta psicrométrica.
- e) Temperatura de Bulbo Seco do Ar, é a temperatura denominada para o composto ar-vapor, por um termômetro usual. Sendo igual para os dois elementos do composto, tanto o ar quanto o vapor.
- f) Temperatura de Bulbo Úmido do Ar, é alcançada através de um termômetro semelhante ao psicrômetro, em que seu bulbo envolvido em uma gaze molhada é submetido a um fluxo de ar

até que o equilíbrio da temperatura da mistura ar-vapor/bulbo seja alcançada e pare de diminuir a temperatura, sendo esta temperatura menor que a de bulbo seco.

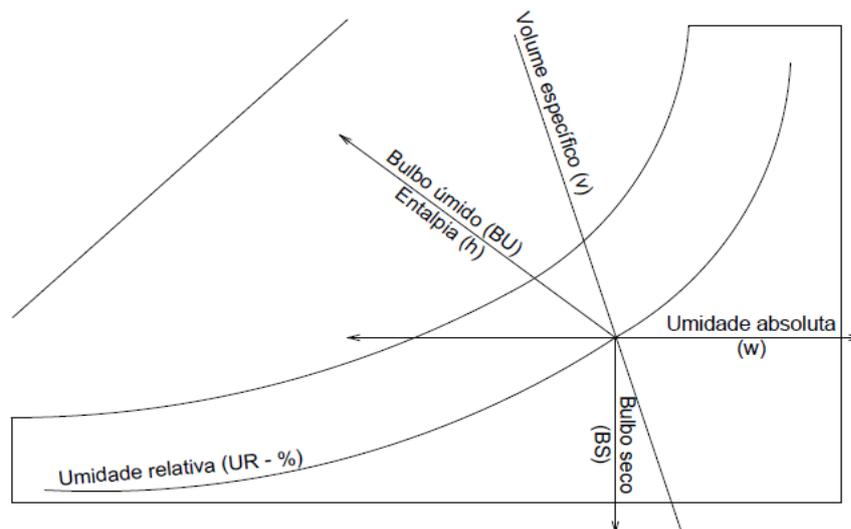
g) Entalpia é uma grandeza termodinâmica de posição ou de quantidade, e geralmente se aplica a diferenças de entalpias. Esta variação representa a quantidade de calor trocado pelo ar (ar-vapor), entre duas posições.

h) Carta Psicrométrica é um gráfico onde são demonstradas as propriedades termodinâmicas do ar. Abaixo são apresentadas as grandezas expostas neste gráfico:

- Temperatura de bulbo seco (BS) – ($^{\circ}\text{C}$ ou $^{\circ}\text{F}$);
- Temperatura de bulbo úmido (BU) – ($^{\circ}\text{C}$ ou $^{\circ}\text{F}$) Umidade relativa do ar (UR) – %;
- Umidade Absoluta do ar (W) - lb vapor/lb ar seco, ou grains vapor/lb ar seco ou gramas (g) vapor/kg de ar seco.

A seguir a Figura 3.1, demonstra de forma esquemática as principais linhas de uma carta psicrométrica, com as devidas grandezas termodinâmicas.

Figura 3.1 - Esquemático de Psicrométrica.



Fonte: PROCEL (2011)

3.2.1 Cálculo de Carga Térmica

Para se estabelecer a quantidade de calor necessária a ser retirada por meio de resfriamento ou ainda adicionada por meio de aquecimento ao ambiente a ser climatizado é calculado a carga térmica fundamental para as condições propostas de conforto. Sendo esse cálculo indispensável para o dimensionamento da instalação, seleção, avaliação da funcionalidade e possíveis alterações dos equipamentos e sistemas adotados. Tendo em vista que para esse cálculo, com exceção para locais simples, é essencial o auxílio de programa computacional (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015).

Algumas especificações relacionadas a carga térmica que devem ser adotadas nos projetos de climatização são indicadas na ABNT NBR 16401. Essa norma ainda sugere o Capítulo 18 da *ASHRAE Handbook (CHAPTER 18 – NONRESIDENTIAL COOLING AND HEATING LOAD CALCULATIONS)*, que cita como referência para cálculo de carga térmica dois métodos computacionais, o modelo HB (*Heat Balance*) e o modelo RTS (*Radiant Time Series*). Esses métodos idealizaram a criação de alguns programas de computador para determinar a carga térmica, estão disponíveis no mercado o *TRACE 700*, *ESTALO THERMAL DESING* e o *ENERGY PLUS* (ALVES e CARRERA, 2013).

3.3 Ciclo de Funcionamento de Ar Condicionado do Tipo Split

Para Araujo (2011), geralmente o equipamento de ar condicionado funciona da seguinte maneira: primeiro o ar do recinto é absorvido para dentro da unidade interna, a evaporadora, por um ventilador, onde passar em volta de uma serpentina que retêm fluido refrigerante em estado líquido, à temperatura de aproximadamente 7° C. Assim o ar é resfriado pelo contato com a serpentina e lançado de volta para o recinto.

Com o contato, o fluido absorve o calor do ar e dentro da serpentina muda para o estado gasoso, e vai para um compressor elétrico. Esse dispositivo comprime o fluido, que sob alta pressão, eleva a temperatura do gás a aproximadamente 52° C, esse processo gera o barulho típico do aparelho (ARAUJO, 2011). Uma quantidade mínima de óleo de baixa densidade, é misturada ao fluido, para auxiliar na lubrificação do compressor e do processo (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

Em seguida o gás superaquecido entra em uma outra serpentina na unidade externa, o condensador. O meio externo absorve calor do gás contido na serpentina, por este estar com temperatura maior que do ar externo, com auxílio de um ventilador que ajuda na troca. E assim o fluido refrigerante, por estar em alta pressão, se torna líquido antes mesmo de chegar a 7° C (ARAUJO, 2011).

Com o fluido refrigerante em estado líquido, é acionada uma válvula de expansão, um mecanismo em que faz o fluido perder pressão e esfria a 7° C, mantido em seu estado. E a partir de então chega na serpentina interna, onde se recomeça o ciclo (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

3.4 História do Ar Condicionado

No final do século XIX, surgiu o controle da climatização e da refrigeração para o bem estar pessoal e para processos de produção, no qual foi elaborado e registrado por Joseph McCreary em 1897, um mecanismo de resfriamento fundamentado no borrifamento de água no ar, o que pode se acreditar ser o primeiro método de controle do ar (INFRAERO, 2009).

Com o invento de um mecanismo técnico para condicionar o ar, em 1902, pelo norte-americano Willys Carrier, Figura 3.2, formado em engenharia pela Universidade de Cornell e com 25 anos de idade, surgiu os equipamentos condicionadores de ar modernos, empregados para o controle da temperatura de espaços fechados (CARRIER, 2018).

Figura 3.2 - Willis Carrier.



Fonte: Site Carrier (2018).

Nessa época, uma empresa de Nova York, a “Sackett-Wilhelms Lithography and Publishing Co”, enfrentava um obstáculo. O tempo muito quente de verão com elevada umidade do ar, provocavam durante as impressões, com que o papel absorvesse a umidade, o que ocasionava a confecção de impressões borradas e fora de foco. Essa situação deu início ao controle do ar em ambientes fechados (INFRAERO, 2009).

Araujo (2011, p.04), menciona sobre Carrier o seguinte:

“Ele criou um processo que resfriava o ar, fazendo circular por dutos resfriados artificialmente, o que também era capaz de reduzir a umidade do ar. Este foi o primeiro ar condicionado contínuo por processo mecânico da história. A partir desta experiência, o sistema foi adotado por muitas indústrias de diversos segmentos, como têxtil, indústrias de papel, farmacêuticos, tabaco e alguns estabelecimentos comerciais”.

Carrier produziu um equipamento para aplicação residencial, em 1914, que era mais básico e bem maior do que o ar condicionado atual, e elaborou também para hospitais o primeiro condicionador de ar, no Allegheny Hospital de Pittsburg, fabricado com o propósito de elevar a umidade de um berçário, para recém nascidos prematuros. O Ar condicionado começou a ganhar a fama nos Estados Unidos, a partir da década de 1920, em que foi instalado em vários prédios do governo, tais como a Câmara dos Deputados, o Senado Americano, os escritórios da Casa Branca (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

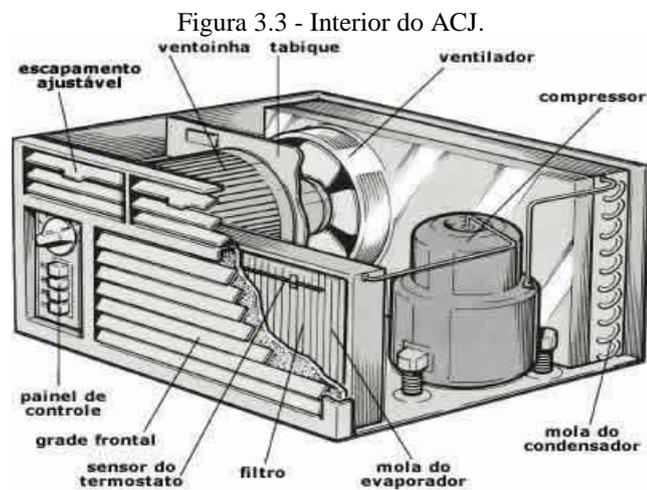
No entanto não era muito acessível o valor das máquinas para uso domésticas, sendo praticamente limitado para a aplicação em lojas e comércios. A aplicação de aparelhos residenciais começou a se popularizar, a partir de 1950, ano em que Carrier morreu, com a produção em larga escala de equipamentos com o modelo de uma caixa de aço, conhecido como tipo “janela”, atualmente obsoletos. Foi tão grande a procura, que em apenas duas semanas zerou-se os estoques (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

3.5 Tipos de Equipamentos

Os condicionadores de ar encontrados no mercado são classificados de várias formas. Conforme à capacidade, os aparelhos podem ser de pequeno, médio ou grande porte. Segundo à utilização, podem ser projetados para residência, comércio, hospital, indústria ou automóvel, estas classificações serão mencionadas no decorrer deste estudo.

3.5.1 Ar Condicionado de Janela - ACJ

Esse tipo de máquina é chamado também de modelo de parede ou ainda janeleiro. Contam com o evaporador e condensador no mesmo gabinete (Figura 3.3). Sua instalação deve ser feita embutida em paredes ou espaços nas janelas, e dependendo do edifício ou residência possui restrições, como exemplo a modificação da fachada por conta do seu gabinete. Atualmente reduziu-se os ruídos dos modelos mais novos e possuem também controle remoto. Esse tipo de aparelho trabalha com baixa capacidade que variam de 7.000 Btu/h, até no máximo 30.000 Btu/h (ARAÚJO, 2011).



Os aparelho de janelas, geralmente possuem valor no mercado mais baixo em relação a outras linha de condicionadores de ar (Split, Portátil, etc), são mais compactos, pois a condensadora, o compressor e a evaporadora estão agrupadas no mesmo equipamento, e assim são mais fáceis de instalar, essas são algumas vantagens desse tipo de máquina. Utilizados principalmente em pequenos recintos e locais onde o nível de barulho não cause transtorno, pois causam um grande nível de ruído e provocam alterações estéticas da fachada em prédios e condomínios em sua instalação. Dependendo das condições de ambiente e de uso a vida útil dos ar condicionados de janela variam de 10 a 15 anos. Hoje no mercado existem modelos que reduziram o consumo de energia elétrica em até 25%, principalmente os de compressores rotativos (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

3.5.2 Split Sistem

É um sistema de condicionamento de ar dividido em dois equipamentos, formado por uma máquina interna ou unidade evaporadora, equipamento de tratamento de ar de expansão direta, de pequena capacidade, que é instalada no interior do local onde se pretende manipular o ar, normalmente projetada para insuflação do ar por difusor incorporado ao equipamento, sem dutos, em que é amparada em fluido refrigerante líquido pelo equipamento instalado externamente a unidade condensadora (ABNT NBR 16401-1).

A categoria de condicionadores de ares do tipo Split, Conforme Soares (2014), cresce muito no mercado residencial, com as versões: somente refrigeração – FR (frio) e ciclo reverso que opera em refrigeração e aquecimento – CR (quente e frio). Este modelo de equipamento possui também pouco nível de ruído e pouca vazão de ar. Ainda com tudo, existe uma ampla variedade de equipamentos desse tipo para melhor atender as necessidades do cliente tanto em custo, estética e consumo de energia.

Os principais tipos de evaporadoras existentes são: Hi-Wall, Piso teto, Cassete e Dutada/Built In, que possibilitam uma interação melhor dos equipamentos com a arquitetura do ambiente. Também possuem compressores com elevada performance e controle individual de funcionamento e de temperatura (OLIVEIRA e MARTINS, 2014). E encontra-se no mercado modelos como o Split Canto Teto e o Quatro Lados, que possuem as mesmas características dos demais, tendo como diferencial a estética no local a ser instalado.

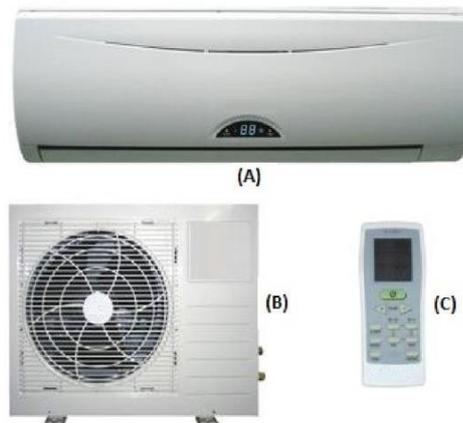
3.5.3 Split Hi-wall

Instalado a uma certa altura na parede, muitas vezes próximo ao teto, é o modelo de split mais popular, recomendado geralmente para uso domiciliar e lojas de pequeno porte. O comprimento da tubulação e o maior desnível entre as unidades interna e externa, variam de acordo com a marca. Tem custo de instalação alto se comparado ao tipo de janela, uma vez que requer furos nas paredes para passagem da tubulação, bases de fixação nas paredes para sustentar as unidades, e ainda colocar o fluido refrigerante. Possui equipamentos com capacidades de 7.000 Btu/h à 30.000 Btu/h (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

Oliveira e Martins (2014, p.25), mencionam sobre equipamento do tipo split hi-wall (Figura 3.4) que:

“Em relação ao modelo ACJ, o Split Hi-Wall apresenta o custo de instalação mais elevado, mas em contrapartida alguns fabricantes possuem equipamentos com tecnologia inverter, com compressor de rotação variável, permitindo uma redução de até 40% no consumo de energia. Além de que, equipamentos com essa tecnologia utilizam o gás refrigerante ecológico R-410A, que não é nocivo à camada de ozônio”.

Figura 3.4 - Split Hi-Wall (A) Evaporador, (B) Condensador e (C) Controle Remoto.



Fonte: Soares (2014).

3.5.4 Split Piso Teto

Possui grande eficiência para a refrigeração, esse ar condicionado é um modelo que permite sua instalação no piso ou no teto do ambiente. Elaborados para refrigerar grandes cômodos residenciais ou lojas de baixo porte, os split piso teto tem capacidades entre 18.000 à 80.000 Btu/h, possuem elevada vazão de ar, e são encontrados nas versões frio – FR e ciclo reverso – CR (SOARES, 2014).

Desfrutar melhor do ambiente e uma versatilidade na instalação, isto é, variação na posição de instalação, sobre o piso, conhecido como console, na parede e no teto, são umas das principais características do split piso teto (Figura 3.5). O que gerar maior área para circulação de pessoas ou objetos. Esse modelo de ar condicionado é recomendado para médios e grandes locais, residencial ou comercial. Por possui vazão maior que os split hi wall, é aconselhado sua instalação em lugares onde existam alta concentração e circulação de pessoas e recintos com o pé direito muito alto (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

Figura 3.5 - Split Piso Teto.



Fonte: Soares (2014).

3.5.5 Split Cassete

Apresentam melhor fornecimento de ar, uma vez que estes aparelhos de ar condicionado possuem duas ou quatro passagens para saída do ar. Requer de ao menos 30 cm de altura livre no espaço acima do forro, já que é instalado no forro, no entanto dependendo do fabricante esta medida pode variar. Também, para espaços que sem área livre acima do forro, existem modelos de quatro saídas de ar de sobrepôr (OLIVEIRA e MARTINS, 2014).

Conforme Soares (2014), condicionadores de ar split cassete (Figura 3.6), foram elaborados para trabalhar em espaços de pequeno porte, em que o equipamento interno é instalado embutida no teto. A instalação no teto e o controle do fluxo de ar individual em cada via de saída de ar, dependendo da marca, são vantagens deste modelo de split.

Figura 3.6 - Split Cassete.



Fonte: Soares (2014).

Os split cassete pode ser encontrado no Brasil com capacidades de 18.000 Btu/h até 60.000 Btu/h. De fato, todas as marcas mais conhecidas possuem equipamentos desse modelo (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

3.5.6 Dutado (Built In)

Recomendado geralmente para locais onde há elevada carga térmica, os modelos de condicionadores Dutado também são aplicados para controle simultâneo do ar de vários ambientes, para melhor dissipação do ar e para grandes áreas como: escritórios, salas comerciais, shopping, casa de show, consultórios e outros (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

Precisa de área livre sobre o forro, que varia conforme a capacidade e a marca, para sua instalação. Para permitir uma melhor estética do ambiente, os aparelhos desse tipo podem ser instalados também embutidos em sancas de gesso, maleiros, armários, consoles, etc (OLIVEIRA e MARTINS, 2014). Ainda possuem alto custo de aquisição, instalação e manutenção.

Segundo Soares (2014), é instalado o dutado no caso em que se pretende manter as mesmas condições de conforto ao mesmo tempo em diversos ambientes, ou ainda em um amplo espaço em que o ar deva ser distribuído igualmente. Os aparelhos dutado (Figura 3.7), estão disponíveis com capacidade entre 18.000 Btu/h à 60.000 Btu/h, nas versões somente frio e ciclo reverso.

Figura 3.7 - Dutado ou Built In.



Fonte: Soares (2014).

3.5.7 Outros Modelos de Split

Podem ser encontrados no mercado outros modelos de aparelhos split, que apresentam aplicabilidades similares as expressas anteriormente a outros splits. Os modelos comerciais conhecidos são: split hi-wall, split piso teto, split cassete, Dutado ou built in, split canto teto, split quatro lados (Figura 3.8), etc. O modelo canto teto tem sua unidade interna (evaporadora) instalada no teto, no encontro entre duas paredes, apresenta um design único e diferenciado, e pode ser encontrado nas capacidades de 9.000 Btu/h a 12.000 Btu/h. Já o split quatro lados é um modelo pouco utilizado no Brasil, é indicado para ambientes de médio e grande porte e pode ser instalado no centro do local para melhor distribuição do ar, é encontrado nas capacidades de 24000 Btu/h, 41000 Btu/h e 60000 Btu/h. Por ser difícil de encontrar no mercado, o split cassete é destinado a fazer a função do split quatro lados (CARRIER, 2018).

Figura 3.8 - Canto Teto (esquerda) e Quatro cantos (direita)



Fonte: Site Webarcondicionado (2018).

3.5.8 Multi Split

É um sistema de climatização de ar separado em blocos, formado por várias evaporadoras que são ligadas a um único condensador, esquematizado na Figura 3.9. Perfeito na climatização de mais de um recinto ao mesmo tempo. Em comparação a sistemas simples,

causa uma economia de espaço, devido a versatilidade de instalação da unidade condensadora (OLIVEIRA e MARTINS, 2014).

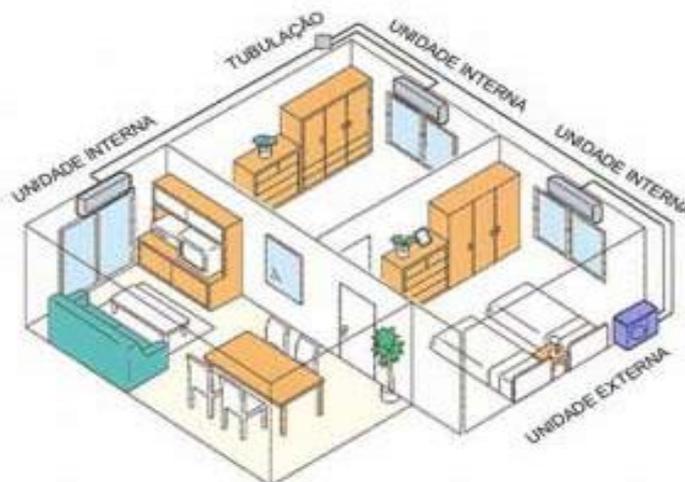
Figura 3.9 - Sistema Multi Split.



Fonte: Site Webarcondicionado (2018)

Nesse tipo de sistema as unidades internas podem funcionar independentes, ou seja, possibilitam o controle individual de seu funcionamento e de suas variáveis, o que torna essa sua principal vantagem. Ainda as unidades internas podem ser do tipo Hi-Wall, Piso-Teto, Cassete e Dutada (dependendo do fabricante). Tem se também economia de espaço na área externa do ambiente, uma vez que se diminui a quantidade de condensadores, como mostra a Figura 3.10 (ARAUJO, 2011).

Figura 3.10 - Exemplo de instalação do Multi Split.



Fonte: Site Webarcondicionado (2018).

Sua capacidade no mercado varia geralmente entre 14.000 a 58.000 Btu/h, sendo recomendado para residências, escritórios pequenos e lugares de médio porte. O peso e as medidas das unidades externas variam de acordo com a capacidade da máquina (SOARES, 2014).

3.6 Partes Integrantes de um Sistema de Ar Condicionado do Tipo Split

Nesta secção serão abordados os componentes dos equipamentos para climatização, para aparelhos do tipo split.

3.6.1 Unidade Condensadora

Comumente chamada de unidade externa, e é onde o fluido refrigerante libera calor e altera seu estado físico, passando do vapor para o líquido. Nesta unidade encontram-se instalado o compressor e o condensador, colocada em área externa ao ambiente climatizado, com a distância entre a unidade interna que varia conforme recomendação do fabricante. O condensador tem a função de condensar o fluido refrigerante, através da retirada de calor do fluido. Isto ocorre pela transferência de calor com o ambiente externo, através de outro fluido, que é característico desse equipamento e que dá origem a classificação em: resfriados a ar, resfriados a água ou evaporativos. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015)

Um dos principais equipamentos dos aparelhos de climatização é o compressor, tem a finalidade de elevar a pressão do fluido e também, provocar a circulação desse fluido no aparelho. Os compressores mais empregados nos condicionadores de ar são: alternativo, centrífugo, de parafusos, palhetas e scroll (INFRAERO, 2009).

Para o perfeito funcionamento desta unidade segundo o Ministério do Meio Ambiente (2015), necessitam ser realizados alguns cuidados durante a sua instalação. Desta forma é recomendado instalar o condensador em local seco, ventilado e com pouca circulação de pessoa, evitando colocar em proximidade a fontes de calor ou vapores, exaustores ou gases inflamáveis e ainda locais onde o equipamento fique exposto a ventos predominantes, chuva forte, umidade e poeira. A unidade externa precisa ficar nivelada e em base de boa

sustentação, é conveniente aplicar uma base de concreto e também usar calços de borracha nos pés do gabinete, para evitar ruídos. Não posicionar condensadores próximos entre si, nem com cruzamento de ar. Devendo sempre aplicar as medidas recomendadas pelo fabricante, possibilitando a circulação de ar satisfatória para o adequado desempenho do sistema.

3.6.2 Unidade Evaporadora

Também chamada de unidade interna, é onde o fluido absorve calor do ambiente e altera seu estado físico, passando de líquido para vapor. Nesta unidade está instalado o evaporador, fixada na parede ou teto por meio de suportes que variam conforme fabricante, no espaço interno, ou seja, diretamente no local a climatizar (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015).

Nesta unidade o fluido chega ao evaporador, em intervalos e quantidades programadas, por meio de uma válvula de expansão, geralmente do tipo termostática, então esta fração de fluido ganhar calor ao transcorre pelo interior dos tubos, serpentina, superaquece e transforma-se em vapor (INFRAERO, 2009).

De acordo com Ministério do Meio Ambiente (2015), preferivelmente esta unidade deve ser instalada em local elevado acima da zona onde deve se direcionar o ar, onde não haja obstáculo para a passagem do ar e em posição onde se possa melhor distribuir a ventilação. Assim evita-se qualquer desconforto e aumenta o rendimento do equipamento.

Como apresentado o evaporador é um importante componente dos aparelhos de climatização, e tem a função de retirar calor do meio a ser resfriado, ou seja, remove calor do ar, água ou outras substâncias, e a partir disso é projetado para aplicação em certo meio ou substância (INFRAERO, 2009).

3.6.3 Dispositivos ou Válvulas de Expansão

No aparelho de ar condicionado, a válvula de expansão diminui a pressão do fluido tanto na condensação na unidade externa, até a vaporização na unidade externa. Esta válvula também tem a função de controlar a vazão de fluido que entra no evaporador, para

atender a carga térmica que se pretende realizar. Os principais tipos de dispositivos de expansão utilizados pelos fabricantes são: válvula de expansão termostática, válvula de expansão eletrônica, válvulas de boia, válvula de expansão de pressão constante, tubos capilares, etc (INFRAERO, 2009).

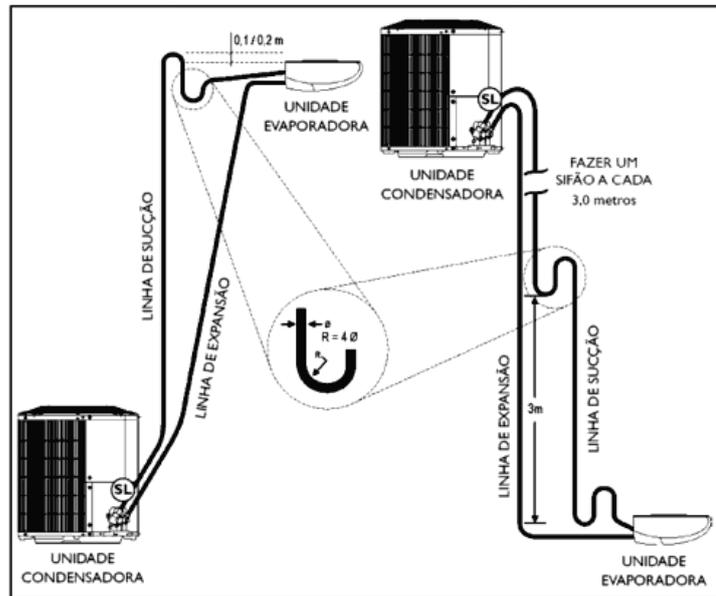
3.6.4 Tubulação Frigorífica

As tubulações refrigerantes que interligam as unidades externas e internas dos aparelhos de ar condicionados do tipo split, precisam ser utilizadas e instaladas conforme às orientações do fabricante, que incluem dimensionamento de dutos, comprimentos equivalentes, desníveis máximo, isolamento e carga de fluido. Para outros tipos de interligações, recomenda-se aplicar as informações da ASHRAE Handbook Refrigeration 2006 – Cap.2 – System practices for halocarbon refrigerants (ALVES, 2013).

O Ministério do Meio Ambiente (2015), ressalta que aparelhos do tipo Split, são fornecidos pelos fabricantes com uma determinada quantidade de fluido refrigerante, calculado para uma definida dimensão das tubulações. Deste modo deve se sempre conferi o manual do fabricante em relação aos dimensionamentos das tubulações. Caso a extensão das tubulações for ultrapassadas, pode ser necessária a adição de fluídos ao sistema. Essa carga extra pode ser obtida pelas tabelas de orientações apresentadas no manual do fabricante, e deve ser indicada através de etiqueta.

É aconselhado utilizar na linha de sucção um modelo de sifão, para garantir que ocorra o correto retorno de óleo ao compressor, em duas situações demonstradas na Figura 2.12. A primeira é quando o condensador está abaixo ou no mesmo nível do evaporador, em que é necessário ser adotado um sifão na forma de U, invertido no tubo de sucção junto à saída da unidade interna, isso para evitar golpes líquidos no compressor, evitando possíveis quebras das paletas do compressor. A segunda situação é quando o evaporador está localizado abaixo do condensador, em que é necessário ser colocado um sifão no tubo de sucção na saída da unidade interna e a cada aproximadamente 3 metros de desnível, para que o óleo retorne gradualmente e regular ao compressor (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015).

Figura 3.11 - Sifão na saída do evaporador



Fonte: Site Springer (2019).

3.6.5 Rede Elétrica

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2015), precisa-se ser respeitado o sancionado na ABNT NBR 5410 em instalações de baixa tensão e na ABNT NBR 14039 em instalações de media tensão, quanto ao projeto e a execução da rede elétrica. Orienta-se para pequenas unidades split ou ainda outros tipos de condicionadores de ar de baixa capacidade e até mesmo outros equipamentos do sistema, que sejam alimentados em quadro próprio de distribuição do sistema, desse modo não devem ser ligados a circuitos de iluminação ou outros existentes no prédio.

3.6.6 Dreno

São um mecanismo instalado na unidade interna para o transporte através principalmente de tubos plásticos Policloreto de Vinila – PVC, da água resultante do processo de evaporação do fluido refrigerante. Geralmente são instalados para vazar a água para o ambiente externo, sendo necessário atravessar o interior da parede. Em aparelhos de ciclo

reverso, quente e frio, tem-se também a necessidade de instalar um dreno na unidade externa (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015).

Ainda o Ministério do Meio Ambiente (2015), indica que se deve manter um escoamento perfeito por meio da hidráulica de drenagem, levando em consideração que esse escoamento se realiza através da gravidade e que a tubulação do dreno deve possuir declividade. Dessa forma deve se evitar situações como elevação ou sifão após a saída da evaporadora, obstrução ou curva (sifão) próximo ao fim da tubulação, ou dificuldade na saída da água condensada. É recomendado colocar a rede de drenagem na rede pluvial e não na rede de esgoto.

3.6.7 Componentes Auxiliares

De acordo com o manual de Manutenção Básica em Sistemas de Ar condicionado, da INFRAERO, 2009, são descritos abaixo os seguintes componentes auxiliares:

- a) Pressostato – são interruptores elétricos comandados pela pressão. O ajuste da pressão se faz por meio de um parafuso. Em alguns modelos o diferencial de pressão, diferença entre pressão de desarme e rearme, é regulável. O rearme pode ser automático ou manual.
- b) Termostato – indicam variações de temperatura e fecham ou abrem os contatos elétricos. Os termostatos podem ser classificados de acordo com o elemento de medição de temperatura como bimetálico, de bulbo sensor de temperatura e de resistência elétrica.
- c) Filtros e secadores – são empregados para eliminar partículas estranhas nas tubulações de sistemas refrigeração. São constituídos por um invólucro metálico, no interior do qual se encontra uma tela de malha fina feito de níquel ou bronze. Os filtros podem ser montados tanto na linha de sucção como na linha de líquido. Quando colocados na linha de sucção evitam que impurezas penetrem no compressor juntamente com o vapor de refrigerante. O filtro na linha de líquido destina-se a evitar que impurezas fluam para o evaporador juntamente com o refrigerante líquido. Os filtros secadores são dispositivos destinados a eliminar a umidade que, apesar dos cuidados tomados antes e durante a carga, sempre está presente nas instalações de refrigeração, ocasionando diversos problemas. São constituídos por um corpo com elementos filtrantes, cheio de material altamente higroscópico (sílica gel). Os filtros secadores são colocados normalmente nas linhas de líquido.

- d) Separadores de óleo – são utilizados quando o retorno de óleo em um sistema é inadequado, difícil de ser obtido ou ainda, quando a quantidade de óleo em circulação é excessiva, causando perda de eficiência devido ao acúmulo nas superfícies de troca de calor. Os compressores frigoríficos são lubrificados pelo óleo colocado no cárter, que circula por suas diversas partes. Em um compressor hermético, o óleo também lubrifica os rolamentos do motor. Durante a operação do compressor, uma pequena quantidade do óleo de lubrificação é arrastada pelo vapor na descarga. Esse óleo, circulando ao longo do sistema frigorífico, não provoca danos, porém uma quantidade excessiva de óleo no condensador, dispositivos de controle do fluxo de refrigerante, evaporador e filtros interferirá no funcionamento destes componentes. Em instalações de baixa temperatura, se o óleo escoar ao longo do sistema ele se tornará espesso e dificilmente poderá ser removido do evaporador. A fim de se evitar estes problemas instala-se um separador de óleo entre a descarga do compressor e o condensador.
- e) Válvulas solenoides – são válvulas comandadas eletricamente por meio de solenóides. Podem ser classificadas em normalmente abertas e normalmente fechadas. O comando elétrico pode ser acionado por um termostato, pressostato, ou mesmo por um simples interruptor manual.
- f) Visores de líquido – são peças com visores para verificar a passagem de líquido e a presença de umidade. São colocados na saída do reservatório de líquido ou na entrada do evaporador, permitindo verificar se a carga de refrigeração está completa e se existe umidade no sistema. As seguintes cores são utilizadas para indicar a quantidade de umidade no sistema: Verde para ausência de umidade, Amarelo para presença de umidade e Marrom para contaminação total do sistema.
- g) Acumuladores de sucção – é o componente no qual o refrigerante líquido proveniente do evaporador (em condições anormais) fica retido por diferença de densidade e o vapor é aspirado pelo compressor. É análogo ao separador de óleo.
- h) Trocador de calor – é o componente no qual as linhas de líquido e sucção trocam calor entre si a fim de sub resfriar a linha de líquido e superaquecer a linha de sucção.
- i) Válvula de retenção – é o componente no qual o fluxo refrigerante fica retido em “determinados pontos” do circuito quando se deseja modificar o sentido do fluxo.

3.7 Manutenção

3.7.1 Definições de Manutenção

De acordo com Kardec & Nascif (2009), o ato de manter, ou seja, a manutenção industrial, é a garantia do funcionamento das máquinas e instalações dentro de padrões aceitáveis para atender ao processo de produção e a preservar o meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custo-benefício.

Ferreira (1998) ainda comenta que a manutenção é um conjunto de práticas que asseguram sustentar ou retornar um bem a condições específicas ou com garantia de assegurar uma determinada função. Sendo assim uma manutenção adequada garante estes procedimentos a um custo mínimo.

Contudo a manutenção é um somatório de conhecimentos, técnicas e habilidades em que praticadas tem como principal finalidade assegurar a funcionalidade regular e a disponibilidade por maior vida útil possível a menor custo (SOUZA e CAVALCANTE, 2011).

3.7.2 Benefícios da Manutenção

De acordo com Ferreira (1998), o objetivo da área de manutenção na produção está ligado diretamente à disponibilidade dos equipamentos da empresa, ou seja, é o fato destes funcionarem durante os períodos pretendidos com rendimento aceitável. Assim quem assegura a funcionalidade e a qualidade da máquina é a manutenção, o que a torna fundamental para a empresa no desempenho de suas atividades e na produtividade.

Ainda Pinto (2004), alega que a manutenção deve garantir prevenção a processos considerados como um fator de insegurança, tais como, perigo a acidentes individual ou coletivo. O mal-estar provocado por ruído, fumaça e odores e a poluição por resíduos diversos, descrevem também um grau de importância a se tomar.

Todo isso segundo Moro (2007), apresenta um conceito de como é fundamental implantar a atividade de manutenção, tendo que máquinas e equipamentos podem sofrer danos e até paradas, gerando gastos fora do previsto pela empresa, ou seja, provocando:

- a) Diminuição ou interrupção da produção;
- b) Entregas fora de prazos;
- c) Perdas financeiras;
- d) Elevação dos custos;
- e) Produtos de má qualidade;
- f) Clientes Insatisfeitos;
- g) Perda de mercado.

Em conformidades a esses fatos a respeito de instalação, produção e qualidade, Kardec e Nascif (2009), afirma que o bom planejamento da manutenção, de acordo com essa nova definição de manutenção promove diminuição de custos de serviços, isso por meio do crescimento da disponibilidade do equipamento ou de setor da produção, da confiabilidade, da qualidade do atendimento, da segurança e da redução de custos. Contudo uma boa manutenção, previne retrabalhos, danos, paradas e riscos.

3.7.3 Tipos de Manutenção

De acordo com Costa (2013), o que define as características de cada tipo de manutenção é a forma de como é feita a intervenção nos equipamentos, instalações e sistemas. Adiante são descritos cinco modos regulares de manutenção, que são apresentadas como principais por muitos autores. Os tipos são: manutenção corretiva não planejada e planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção.

- Corretiva: esse é o tipo mais comum e primitivo de manutenção. Pinto (1998) descreve que, a manutenção corretiva é marcada pelo emprego da manutenção a partir do surgimento de um fato, este pode ser uma falha ou queda de desempenho da produção. Segundo Slack et

al. (2002, p.62) “significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é realizado somente após a quebra do equipamento ter ocorrido [...]”.

- Preventiva: de acordo com Pinto (1998), nesse tipo de manutenção são feitas atividades com o objetivo de diminuir ou evitar a falha ou mesmo a perda no desempenho da produção, isso seguindo a um plano antecipadamente elaborado, e executado em períodos controlados de tempo.
- Preditiva: é a manutenção que prever o momento adequado para a intervenção do equipamento, através do acompanhamento de condições e padrões de funcionamento de máquinas e equipamentos, assim dispõe-se ao máximo o ativo (OTANI & MACHADO, 2008). Dessa forma, é um modelo de manutenção que normalmente antecede a falha do equipamento.
- Detectiva: segundo Kardec e Nascif (2009), é característico dessa manutenção, encontrar e eliminar por meio de teste periódicos na produção, irregularidades ocultas ou imperceptíveis as equipes de trabalho, em que é efetuada em sistemas de proteção ou comando, uma vez que conhecer estas falhas é essencial para garantir a confiabilidade.
- Engenharia de Manutenção: Conhecida como Manutenção Melhorativa, de acordo com Kardec e Nascif (2009) direciona-se para a origem da falha ou queda de desempenho, ou melhor, ao invés de apenas corrigir, esta busca acabar com o motivo do mau funcionamento, mediante do conhecimento básico da máquina, avaliação das falhas e variações.

3.8 Plano de Manutenção Operação e Controle – PMOC

3.8.1 Definições

Uma norma estabelecida pelo Ministério da Saúde em conjunto com o Ministério do Trabalho e Emprego, O PMOC que é o Plano de Manutenção Operação e Controle verifica e regula a qualidade do ar em espaços fechados em que o ar é controlado por aparelhos condicionadores. Isso considerando a preocupação internacional com a qualidade do ar dentro de áreas climatizadas e o aumento do emprego de aparelhos de condicionador de ar no país, devido as situações climáticas (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

Segundo a ABRAVA (2018), é o somatório de todos os registros em que se encontram informações referentes ao prédio, ao sistema de controle de ar, do responsável técnico e métodos e hábitos técnicos de manutenção que provam a realização da atividade.

Ainda na cartilha de orientação sobre manutenção de sistemas de climatização da ABRAVA (2018, p.02), nos diz que: o não cumprimento à legislação brasileira configura infração sanitária, sujeitando o proprietário ou locatário do imóvel ou preposto, bem como responsável técnico por sistemas de climatização às penalidades previstas na Lei 6.437/77. As penalidades podem chegar ao valor de um milhão e quinhentos mil reais (R\$ 1.500.000,00) de acordo com o risco ou grau de perigo, extensão do ambiente, dobrando o valor em caso de reincidência.

Uma instituição especializada independente da empresa em questão e também da que realiza as atividades de manutenção dos equipamentos, deve executar a cada semestre análises microbiológicas dos espaços climatizados. Em seguida a análise, um profissional habilitado e qualificado de acordo com a legislação e sem vínculo com a empresa alvo, emite uma Anotação Técnica dos resultados. (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

Segundo o Diário do Nordeste (2005), este plano ganhou destaque no país a partir da morte do Ministro Sérgio Motta por uma infecção causada pela *Legionella*, uma bactéria procedente da má condição dos aparelhos de ar condicionado, que lhe provocou uma grave pneumonia. O baixo nível de qualidade do ar em seu gabinete, estimulou o Ministério da Saúde a editar a Portaria 3523, de 28 de agosto de 1998.

De acordo com a Portaria nº 3.523/MS, de 28 de Agosto de 1998, os proprietários, locatários e prepostos, responsáveis por sistemas de climatização com capacidade superior a 5 TR (15.000 kcal/h = 60.000 Btu/h), devem assegurar que um responsável técnico habilitado, assume a função de realizar a implantação e preservar no estabelecimento um plano de manutenção, operação e controle – PMOC, validado para sistema de climatização. O plano precisa conter para ambientes climatizados, a identificação do local, a definição das atividades desenvolvidas, a frequência dessas atividades, as recomendações a serem tomadas em caso de falha do sistema de ar e de emergência, para assegurar qualidade do sistema de climatização e outros em conformidade com as especificações do Regulamento Técnico e da NBR 13971/97 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Deve-se também assegurar a aplicação do PMOC através da execução contínua direta ou indireta deste serviço, disponibilizar o registro das atividades realizadas do PMOC e ter procedimentos e resultados da manutenção, operação e controle divulgados aos ocupantes.

Para fazer cumprir este Regulamento Técnico, fica responsável os órgãos competentes de Vigilância Sanitária, através da realização de inspeções e de outras ações validas, contando ainda com apoio de órgãos governamentais, entidades representantes da comunidade e ocupantes dos estabelecimentos climatizados (Portaria nº 3.253/MS, de 28 de Agosto de 1998).

3.8.2 Legislação Aplicáveis

Assim como outros serviços, a refrigeração e a climatização devem seguir a um conjunto de normas e leis. Muitas dessas leis e normais ainda são desconhecidas pelos profissionais dessa área, o que pode ser um problema para o profissional e para o cliente, caso não sejam respeitadas (ABRAVA, 2018).

A seguir são apresentadas as principais normas e legislações que regem as atividades de refrigeração e climatização no país (INFRAERO, 2009).

- a) Portaria nº 3.523/MS, de 28 de Agosto de 1998: Determina a criação de um plano de manutenção, operação e controle (PMOC) para ambientes climatizados.
- b) Resolução 09 da ANVISA (2003): Estabelece padrões de qualidade do ar para ambientes interiores climatizados artificialmente.
- c) Decisão normativa 42 do CONFEA: Determina o registro no CREA local de toda pessoa jurídica que execute instalação e manutenção de sistemas de condicionadores de ar.
- d) Instrução normativa 37 do IBAMA: Determina o registro de pessoas físicas e jurídicas que lidem com substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal - Cadastro Técnico Federal (substâncias controladas: clorofluorcarbono, halon, metilclorofórmio, tetracloreto de carbono, brometo de metila, hidroclorofluorcarbono).
- e) Decreto Lei 99.280-90: Promulga a Convenção de Viana e o Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem a camada de ozônio.
- f) Resolução 267 do CONAMA: Proíbe o uso e comercialização de várias substâncias utilizadas na refrigeração.
- g) Resolução 340 do CONAMA: Proíbe o uso de alguns cilindros e dá instruções sobre a reciclagem de gases.

h) Lei nº. 9605/98: Lei dos crimes ambientais. Aplica-se em alguns casos de descumprimentos.

i) NR 10: Instalações e serviços em eletricidade.

j) Há de se verificar a existências de legislações no âmbito municipal e estadual.

- Ex 01. Lei Municipal nº. 2.749 de 23 de Março de 1999 – Cidade do Rio de Janeiro: Coíbe o gotejamento proveniente de aparelhos de ar condicionado.

- Ex 02. Lei Estadual nº. 4.192 de 01 de Outubro de 2003 – Cidade do Rio de Janeiro: Dispõem sobre a limpeza e inspeção de ar condicionado.

3.8.3 Normais Aplicáveis

a) NBR 10.080 - Instalações de ar condicionado para salas de computadores.

Descrição: Fixa condições exigíveis para a elaboração de projetos de instalações de ar condicionado para salas de computadores.

b) NBR 16401-1 - Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 1: Projetos e Instalações.

Descrição: Estabelece os parâmetros básicos e os requisitos mínimos de projeto para sistemas de ar condicionado, centrais e unitários.

c) NBR 16401-2 - Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 2: Parâmetros de conforto térmico.

Descrição: Especifica os parâmetros do ambiente interno que proporcionem conforto térmico aos ocupantes de recintos providos de ar condicionado.

d) NBR 16401-3 - Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 3: Qualidade do ar interior.

Descrição: Especifica os parâmetros básicos e os requisitos mínimos para sistemas de ar condicionado, visando à obtenção de qualidade aceitável de ar interior para conforto.

e) NBR 6675 – Instalação de ar condicionado de uso doméstico (tipo monobloco ou modular).

Descrição: Fixa condições exigíveis na execução de instalação de aparelhos condicionadores de ar de uso doméstico, tipo monobloco ou modular, de forma a garantir sua segurança e bom funcionamento.

f) NBR 7256: Tratamento de ar de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde – EAS – Requisitos gerais para projeto e execução.

Descrição: Estabelece os requisitos mínimos para projeto e execução de instalações de tratamento de ar em EAS.

g) NBR 11215 – Equipamentos unitários de ar-condicionado e bomba de calor –

Determinação da capacidade de resfriamento e aquecimento.

Descrição: Prescreve o método para determinar a capacidade de resfriamento do equipamento unitário de condicionamento de ar e as capacidades de resfriamento e aquecimento do equipamento unitário de bomba de calor.

h) NBR 14679 – Sistemas de condicionamento de ar e ventilação – Execução de serviços de higienização.

Descrição: Tem por objetivo estabelecer os procedimentos e diretrizes mínimas para execução dos serviços de higienização corretiva de sistemas de tratamento e distribuição de ar contaminados micro biologicamente.

i) NBR 13971 – Sistemas de refrigeração, condicionamento de ar e ventilação - Manutenção programada.

Descrição: Estabelece orientações básicas para as atividades e serviços necessários na manutenção programada de conjuntos e componentes em sistemas e equipamentos de refrigeração, condicionamento de ar e ventilação.

j) NBR 5858 – Ar condicionado doméstico.

Descrição: Esta norma fixa condições exigíveis para determinar o desempenho do condicionador de ar doméstico sob condições determinadas de ensaio, e estabelece os padrões mínimos de qualidade e capacidade.

k) NBR 5882 – Condicionador de ar doméstico – Determinação das características.

Descrição: Esta norma prescreve métodos de ensaio para determinação das características dos condicionadores de ar domésticos. Não se aplica a condicionadores de ar domésticos que utilizam condensadores a água.

l) NBR 10.142 – Condicionador de ar do tipo compacto – Ensaio de aceitação em fábrica.

Descrição: Prescreve o método de ensaio em fábrica de condicionadores do tipo compacto, visando avaliar se o desempenho desses equipamentos está compatível com as especificações do fabricante.

m) NBR 12.010 – Determinação do coeficiente de eficiência energética.

Descrição: Prescreve o método de ensaio utilizado para determinação do coeficiente de eficiência energética de condicionadores de ar domésticos, operados eletricamente.

n) NBR 12.967 – Condicionador de ar de uso doméstico (tipo monobloco ou modular) – Instrumentos de medição.

Descrição: Esta norma visa padronizar os instrumentos utilizados e fixa faixa limite de exatidão.

3.8.4 Ficha PMOC – Ministério da Saúde

De acordo com o Ministério da Saúde, para a implementação do plano de manutenção, operação e controle, deve-se manter no estabelecimento uma ficha com determinadas informações. Os dados dessa ficha são exigidos por lei e devem conter a identificação do estabelecimento e do responsável técnico, número de ocupantes nos ambientes climatizados, carga térmica total dos equipamentos, relação dos ambientes climatizados e descrição e periodicidade das atividades. A ficha completa segundo a Portaria 3.523 de 1998 do Ministério da Saúde pode ser encontrada no anexo I desta mesma portaria e é apresentada no Anexo I deste trabalho.

4 PLANO DE MANUTENÇÃO DO CCT

4.1 Metodologia

A referida pesquisa é definida quanto aos fins como exploratória, pois realizou-se em um local onde o conhecimento de suas condições físicas e elétricas são limitadas em relação ao sistema de climatização. Além disso, a mesma também é definida como descritiva, pois tem o intuito de descrever as características dessa determinada área.

A princípio foi feito uma análise do referencial teórico relacionado ao tema, para buscar conhecer os padrões recomendados por leis, normas e fabricantes, para o funcionamento padrão dos ar condicionados do tipo split. Em seguida é realizado uma vistoria no conjunto de ambientes, onde foi tomado conhecimento das condições irregulares das instalações. Ainda se organizou a relação de ambientes com o quantitativo de aparelhos de ar existentes neles. Por fim foram sugeridos propostas de melhoria da situação encontrada e elaboração de plano de manutenção operação e controle dos equipamento de ar.

4.2 Condições Físicas do CCT

O Centro de Ciências Tecnológicas – CCT, do Campus Paulo VI da UEMA, apresenta os cursos de Engenharia Civil, da Computação, Mecânica, Produção e ainda é utilizada para aula do Curso de Formação de Oficiais – Bombeiro. Conta com um prédio principal do CCT onde se encontram salas de aula, laboratórios de informática, secretárias e direções de cursos, e o prédio de Laboratório de Pavimentação e Solos onde encontram-se sala de aula, de professores e de estudo e pesquisa, depósito e laboratórios de pavimentação, solos, concreto e materiais de construção civil e topografia, e por fim, o “NUTENGE” que abriga sala de aula, de professores, secretária e laboratórios. O CCT passar por um projeto de expansão, para a ampliação do curso de engenharia da computação, com a construção de mais um bloco interligado ao principal.

Possui um amplo estacionamento em que uma pequena parte é calçada e pavimentada, e a outra parte que é bem ampla está coberta por uma vegetação rasteira, brita e

piçarra, visto na Figura 4.1. O que contribui para suspensão durante a movimentação de veículos, de partículas de pó de areia, brita, vegetais e até mesmo de micro organismos dispersos nesta área. Contaminando assim o ar externo podendo afetar a pureza do ar dos ambientes internos. Estas partículas também poluem as unidades externas, causando perda de rendimento pelo mau funcionamento e aumento de custo de manutenção tanto preventiva quanto corretiva.

Figura 4.1 - Estacionamento Frontal do CCT



Fonte: Foto do autor (2019)

Nas demais laterais do prédio principal e do laboratório de pavimentação e solos (Figura 4.2 e Figura 4.3), existe uma volumosa vegetação que por vezes é aparada, mais passa longos períodos sem ser cortada. Este cenário serve de abrigo para pequenos animais como roedores, insetos, aves, morcegos e outros, que podem sujar e danificar as unidades externas além de transmitir doenças e dificultar as ações de manutenção. As plantas dificultam os serviços de manutenção, pois são um obstáculo para a equipe, principalmente em períodos de chuva quando estão com elevado porte e muito densa como mostra a Figura 4.3.

Figura 4.2 - Estacionamento Frontal do CCT



Fonte: Foto do autor (2019)

Figura 4.3 - Lab. de Pavimentação: área à frente (esquerda) e área ao fundo (direita)



Fonte: Fotos do autor (2019)

As árvores locais representam também consequências negativas ao sistema de climatização, uma vez que servem de reduto ou ninho para animais como aves e insetos, que por sua vez podem vir a prejudicar o funcionamento do sistema. Essas árvores encontradas no centro, em sua maioria são do tipo angiospermas (frutíferas), como na Figura 4.4, que produzem flores e em seguida formam o fruto, nesse caso as flores, fruto e folhas secas acarretam no acúmulo de sujeira nas unidades condensadoras. Há a liberação de grão de pólen pelas flores dessas plantas, que não são em grande quantidade prejudicial à saúde humana, porém podem intervir na qualidade do ar.

Figura 4.4 - Hall arborizado interno do CCT



Fonte: Foto do autor (2019)

A estrutura interna do CCT conta com áreas de paisagem arborizada, e com muitas instalações de condensadores próximas a esses locais (Figura 4.5). O que fazem causar as mesmas situações descritas anteriormente. A arborização do prédio tem sua importância no embelezamento, diminuição da amplitude térmica, protege o solo contra erosão, melhora o ar e conseqüente a qualidade de vida dos usuários. Porém se deve analisar um meio de estreitar essas adversidades, pois, a climatização tem sua importância para as atividades realizadas pelos usuários do centro, que vão desde para conforto e saúde, até para preservação de instrumentos de laboratórios e adequados resultados em pesquisas, tendo em vista que essas área de plantas, afetam o funcionamento do sistema.

Figura 4.5 - Hall Interno em frente ao curso de CFO/BM



Fonte: Foto do autor (2019)

As salas possuem desenho arquitetônico antigo, que não foi preparada para implantação de sistemas condicionadores de ar, porém com um estudo de seu desenho é possível a adaptação dos condicionadores. As salas são amplas e bem arejadas por sistema de janelas venezianas, entretanto algumas não oferecem o devido isolamento para que a unidade interna possa realizar seu trabalho conforme planejado. Isso devido a brechas presentes nas venezianas, e por conta de fendas e buracos no forro, como mostra a Figura 4.6. Essas aberturas propiciam também o trânsito de impurezas externas, que poluem o ar interno e consequentemente o evaporador.

Figura 4.6 - Janelas veneziana das salas de aula (esquerda) e fenda no forro da sala (direita)



Fonte: Fotos do autor (2019)

Ambientes climatizados precisam de um bom grau de pureza, como se pode ver na Figura 4.7, o teto de forro PVC e as paredes das salas estão sujos com poeira, fios de aranha, e traça. Essas impurezas contaminam o ar e prejudicam o funcionamento dos aparelhos.

Figura 4.7 - Sujeira no teto das salas



Fonte: Fotos do autor (2019)

As salas por serem antigas, não contam com um espaço externo planejado para a instalação das unidades condensadoras, sendo estas muitas vezes colocadas de forma adaptada na fachada do prédio (Figura 4.8). Isso deixa o visual do centro com uma perspectiva não tanto agradável, e pode ser um fator importante na escolha do prédio para receber ou sediar algum evento.

Figura 4.8 - Fachadas do CCT



Fonte: Fotos do autor (2019)

Uma das principais causas de falhas e paradas dos condicionadores de ar refere-se a componentes elétricos. Como já descrito anteriormente, as estruturas do prédio são antigas, e como não foram realizados serviços significativos para modernização, a estrutura básica dos circuitos elétricos do CCT são ultrapassadas e já não condizem com a realidade atual do centro. Ou seja, a capacidade elétrica da rede não corresponde com o consumo real do prédio, causando sobrecargas e quedas de energia.

Algumas máquinas são instaladas diretamente na rede elétrica sem o cálculo da carga elétrica, gerando sobrecarga. As quedas de energia, podem deteriorar os componentes dos condicionadores, como a placa eletrônica, capacitores e contadores, pois são máquinas frágeis em relação a fatores elétricos. Provoca também o desarme dos disjuntores, que desconfigura o aparelho, que ao ser reajustado pelo controle remoto, pode ser manipulado erradamente pelo usuário.

A falta de manutenção preventiva na rede elétrica é outro contratempo, as fiações ficam expostas em alguns pontos, e é grande a quantidade de emendas de fios sem qualquer proteção. A maioria dos quadros de energia, disjuntores e tomadas são ultrapassadas e por vezes expostas a ação de sol e chuva, como na Figura 4.9, que podem causar curtos circuitos na rede elétrica e danificar os componentes dos condicionadores.

Figura 4.9 - Quadro de distribuição e fiação exposta ao sol e chuva.



Fonte: Fotos do autor (2019)

O quadro de distribuição que recebe alimentação do quadro principal e redistribui para os demais setores, é antiquado para sua função, assim como outros do prédio, e encontra-se com um embaralhado de fios, apresentado na Figura 4.10, dificultando a manutenção. Outros quadros estão sem as devidas identificações de seus disjuntores, como o exposto na Figura 4.11, prejudicando ainda mais os serviços de manutenção, uma vez que se faz necessário o corte de corrente por meio do desligamento da chave. A falta de manutenção é visível na Figura 4.12, onde a fiação elétrica ao lado do “NUTENGE” serve de abrigo para aves.

Figura 4.10 - Quadro de distribuição ao lado do laboratório de informática



Fonte: Foto do autor (2019)

Figura 4.11 - Quadros de distribuição de alguns setores do CCT



Fonte: Fotos do autor (2019)

Figura 4.12 - Ninho de ave em fios elétricos do “NUTENGE”



Fonte: Fotos do autor (2019)

4.3 Condições das Instalações Climáticas do CCT

As instalações dos condicionadores de ar do CCT não estão dentro dos padrões estabelecidos pelos fabricantes. Como comentado anteriormente, o prédio não possui estrutura física e elétrica para esse sistema de climatização, pois não foi projetado para esse tipo de equipamento. Praticamente todos os aparelhos do Centro são do tipo Split, e as instalações da maioria desses equipamentos estão inadequadas, isso por não se seguir as normas para instalação.

Não há relatórios de qualidade do ar dos ambientes climatizados, ou seja, não é feita nenhuma análise do ar interno e externo. Assim não se tem o controle do nível de poluentes químicos e biológicos das salas, o que pode acarretar em reações alérgicas e até em doenças respiratórias. Nos laboratórios isso se agrava pela maior concentração de agentes químicos, que podem afetar a saúde do usuário. Isso em razão do não cumprimento das normas do Ministério da Saúde, que determina alguns critérios para climatização.

Os relatórios de manutenção também são escasso para os usuários dos recintos, ficando sob posse da prefeitura do campus, que é a responsável pelos serviços no CCT. Há um contrato de prestação de serviços de climatização entre a UEMA e uma empresa do setor de refrigeração e climatização. A manutenção preventiva desses aparelhos deve ser periódica, entretanto alguns condicionadores não recebem esses cuidados como mostra a Figura 4.13, em que os filtros e a carcaça estão com muita sujeira, devido as impurezas do ambiente. O display de visualização de temperatura de muitos aparelhos, estão danificados ou removidos, o que dificulta o usuário de tomar conhecimento da operação que o aparelho executa.

Figura 4.13 - Aparelhos com falta de manutenção



Fonte: Fotos do autor (2019)

A maioria das especificações dos fabricantes são semelhantes no que diz respeito as posições necessárias para instalações, como espaçamento laterais e superiores que devem estar entre 15 a 20 centímetros. É possível encontrar aparelhos que estão fora desse padrão como o da Figura 4.14, que além de está próximo ao teto, está desnivelado, correndo risco de cair, pois não está fixo corretamente. Ainda na mesma sala encontra se uma evaporadora descentralizada em relação ao ambiente, provocando irregularidade na distribuição do ar. A Figura 4.14 mostra o posicionamento da evaporadora citada antes.

Figura 4.14 - Aparelho próximo ao teto a esquerda, e descentralizado a direita



Fonte: Fotos do autor (2019)

O ideal é que toda a instalação frigorífica, elétrica e de drenagem seja embutida, entretanto algumas instalações do centro estão expostas como mostra a Figura 4.15, em que a tubulação frigorífica juntamente com a de dreno percorre a área externa da parede até uma janela obstruída para a passagem dos dutos. Outro erro de instalação também é notado na Figura 4.15, pois a água condensada é despejada na área externa sem o correto escoamento. Devendo sempre considerar que o escoamento da água do dreno se dar por gravidade, devendo manter um declive na tubulação. O despejo irregular desta água causa a formação de limo, que são algas esverdeadas e escorregadias, provocando risco de queda.

Figura 4.15 - Erro de instalação da tubulação



Fonte: Fotos do autor (2019)

O erro de instalação da tubulação frigorífica estende-se para o isolamento deficiente dos dutos, onde por vezes não existe e outras está incorreto segundo as normais dos fabricantes. A Figura 4.16 mostra a tubulação de alta pressão sendo isolada juntamente com a de baixa pressão pela mesma esponja, isso pode provocar uma troca de calor entre elas alterando a propriedade do gás refrigerante, e por fim gerando golpes líquidos no compressor, causando falhas e até a parada do equipamento.

Figura 4.16 - Tubulação frigorífica de alta e baixa pressão juntas



Fonte: Fotos do autor (2019)

Em meio aos diversos condicionadores de ar do CCT, não são encontrados a utilização de sifão nas tubulações frigoríficas, para garanti o retorno correto de óleo lubrificante ao compressor. Uma quantidade pequena de aparelhos possui esse mecanismo em suas tubulações, entretanto foram dimensionadas fora dos padrões técnicos reconhecidos pelas normais vigentes, a Figura 4.17, mostra as condições desses sifão.

Figura 4.17 - Tubulação frigorífica de alta e baixa pressão juntas



Fonte: Fotos do autor (2019)

A oxidação é outro fator que atinge as condições físicas dos condicionadores, alguns encontram se totalmente destruídos pela oxidação, como mostra a Figura 4.18. Esse fator afeta também os suportes de sustentação das unidades externas, que são mal projetados, afetam também as telas de proteção do motor ventilador, como exemplo da Figura 4.18, onde não há esse mecanismo de proteção, provavelmente destruída pela ação da corrosão.

Figura 4.18 - A direita aparelho danificado e a esquerda telas de proteção, ambas sob ação de corrosão



Fonte: Fotos do autor (2019)

É perceptível que a maioria dos condicionadores não estão instalados de acordo com a carga térmica ideal do ambiente, uns estão operando abaixo da carga exigida e outros estão operando acima do exigido pelo ambiente. Não se tem conhecimento dos cálculos de carga térmica dos ambientes climatizados, isso mostra que os condicionadores de ar foram dimensionados incorretamente.

A partir das condições citadas anteriormente, fica perceptivo a necessidade da realização de medidas para melhorar esse cenário, isso pela importância que a climatização adequada tem dentro da instituição de ensino, beneficiando a qualidade de vida e aprendizado. Por esse motivo, propostas de melhoria e desenvolvimento irão ser apresentadas a seguir.

4.4 Relação dos Condicionadores de Ar do CCT

Com a realização de uma pesquisa do tipo exploratória no centro de Ciências Tecnológicas do Campus Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão, obteve-se no período de elaboração deste trabalho dados localizados na Tabela 4.1, onde se tem o levantamento quantitativo de aparelhos condicionadores de ar. Os aparelhos são distribuídos em Três blocos: Prédio principal do CCT, NUTENGE e Laboratório de Pavimentação e solos. Ainda nesta relação são apresentadas informações do modelo de aparelho, capacidade, situação atual e identificação por meio de uma etiqueta numerada, conhecida como TAG.

Tabela 4.1 - Relação de condicionadores de ares do CCT

BLOCO	LOCAL	ATIVIDADE	QTD	MARCA	TIPO	CAPACIDADE (Btu/h)	SITUAÇÃO ATUAL	N ^a	TAG
PRÉDIO PRINCIPAL DO CCT	SALA 1	AULA	2	LG	SPLIT	24000	S/DISJUNTOR	01	CCT - SL1 - ARC - SPL24 - 01
				ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	02	CCT - SL1 - ARC - SPL30 - 02
	SALA 2	AULA	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	03	CCT - SL2 - ARC - SPL30 - 03
	SALA 3	AULA	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	04	CCT - SL3 - ARC - SPL30 - 04
	SALA 4	AULA	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	05	CCT - SL4 - ARC - SPL30 - 05
	SALA 5	AULA	2	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	06	CCT - SL5 - ARC - SPL30 - 06
				LG	SPLIT	24000	OK	07	CCT - SL5 - ARC - SPL24 - 07
	SALA 6	AULA	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	08	CCT - SL6 - ARC - SPL30 - 08
	SALA 7	AULA	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	09	CCT - SL7 - ARC - SPL30 - 09
	SALA 8	AULA	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	10	CCT - SL8 - ARC - SPL30 - 10
	SALA 9	AULA	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	11	CCT - SL9 - ARC - SPL30 - 11
	SALA 10	AULA	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	12	CCT - SL10 - ARC - SPL30 - 12
	SALA 11	AULA	2	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	13	CCT - SL11 - ARC - SPL30 - 13
							OK	14	CCT - SL11 - ARC - SPL30 - 14
	SALA 12	AULA	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	15	CCT - SL12 - ARC - SPL30 - 15
	SALA 14	AULA	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	16	CCT - SL14 - ARC - SPL30 - 16
	DEMECP	ESCRITÓRIO	2	MIDEA LIVE	SPLIT	18000	OK	17	CCT - DMC - ARC - SPL18 - 17
				ELGIN	SPLIT	30000	OK	18	CCT - DMC - ARC - SPL30 - 18
	DIREÇÃO - CFO	ESCRITÓRIO	2	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	19	CCT - CFO - ARC - SPL30 - 19
				PANASONIC	SPLIT	18000	OK	20	CCT - CFO - ARC - SPL18 - 20
	DIREÇÃO - ENG. DE PRODUÇÃO	ESCRITÓRIO	2	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	21	CCT - DEP - ARC - SPL30 - 21
				ELBRUS	SPLIT	18000	OK	22	CCT - DEP - ARC - SPL18 - 22
	PECS	ESCRITÓRIO	1	ELBRUS	SPLIT	12000	OK	23	CCT - PEC - ARC - SPL12 - 23

DIREÇÃO - ENG CIVIL	ESCRITÓRIO	2	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	24	CCT - DEC - ARC - SPL30 - 24
			ELBRUS	SPLIT	18000	OK	25	CCT - DEC - ARC - SPL18 - 25
DIREÇÃO - ENG. MECÂNICA	ESCRITÓRIO	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	26	CCT - DEM - ARC - SPL30 - 26
DIREÇÃO DE CENTRO	ESCRITÓRIO	2	ELECTROLUX	SPLIT	12000	OK	27	CCT - DRC - ARC - SPL12 - 27
			ELECTROLUX	SPLIT	24000	OK	28	CCT - DRC - ARC - SPL24 - 28
LAB. DE INFORMÁTICA 1	LABORATÓRIO	2	ELBRUS	SPLIT	24000	OK	29	CCT - LI1 - ARC - SPL24 - 29
			CARRIER	SPLIT	22000	OK	30	CCT - LI1 - ARC - SPL22 - 30
SALA DE DIREÇÃO DO LABORATÓRIO DE INFORMÁTICA (LOCAL DA SWITCH)	ESCRITÓRIO	1	ELBRUS	SPLIT	9000	OK	44	CCT - SWT - ARC - SPL09 - 44
LAB. DE INFORMÁTICA 2	LABORATÓRIO	3	ELECTROLUX	SPLIT	24000	VISOR NÃO FUNCIONA	31	CCT - LI2 - ARC - SPL24 - 31
			ELECTROLUX	SPLIT	24000	VISOR NÃO FUNCIONA	32	CCT - LI2 - ARC - SPL24 - 32
			ELECTROLUX	SPLIT	24000	VISOR NÃO FUNCIONA	33	CCT - LI2 - ARC - SPL24 - 33
SECRETARIA - ENG. DE COMPUTAÇÃO	ESCRITÓRIO	1	SPRINGER	SPLIT	22000	OK	34	CCT - SEC - ARC - SPL22 - 34
SALA PÓS GRADUAÇÃO – COMPUTAÇÃO	AULA	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	35	CCT - SPC - ARC - SPL30 - 35
PECS 1	AULA	1	ELBRUS	SPLIT	24000	OK	36	CCT - PC1 - ARC - SPL24 - 36
PECS 2	AULA	1	ELBRUS	SPLIT	24000	OK	37	CCT - PC1 - ARC - SPL24 - 37
SALA DE AULA – COMPUTAÇÃO	AULA	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	38	CCT - SAC - ARC - SPL30 - 38
LABORATÓRIO DE COMPUTAÇÃO	LABORATÓRIO	3	AGRATTO	SPLIT	12000	OK	39	CCT - LBC - ARC - SPL12 - 39
			AGRATTO	SPLIT	12000	OK	40	CCT - LBC - ARC - SPL12 - 40
			ELGIN	SPLIT	24000	DESATIVADO	41	CCT - LBC - ARC - SPL24 - 41
SALA DOS PROFESSORES – COMPUTAÇÃO	ESCRITÓRIO	4	ELBRUS	SPLIT	60000	OK	42	CCT - PFC - ARC - SPL60 - 42
			ELBRUS	SPLIT	18000	OK	43	CCT - PFC - ARC - SPL18 - 43
			ELBRUS	SPLIT	18000	OK	44	CCT - PFC - ARC - SPL18 - 44

			LG	SPLIT	24000	OK	45	CCT - PFC - ARC - SPL24 - 45
LAB. DE AUTOMAÇÃO	LABORATÓRIO	1	AGRATTO	SPLIT	12000	OK	46	CCT - LAT - ARC - SPL12 - 46
ÁGIL	ESCRITÓRIO	1	ELBRUS	SPLIT	18000	OK	47	CCT - EJP - ARC - SPL18 - 47
AUDITÓRIO	AULA	2	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	48	CCT - AUD - ARC - SPL30 - 48
			ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	49	CCT - AUD - ARC - SPL30 - 49
DEP. DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO	ESCRITÓRIO	3	ELECTROLUX	SPLIT	12000	OK	50	CCT - DHS - ARC - SPL12 - 50
			MIDEA LIVE	SPLIT	18000	OK	51	CCT - DHS - ARC - SPL18 - 51
			MIDEA LIVE	SPLIT	18000	OK	52	CCT - DHS - ARC - SPL18 - 52
SALA DESENHO	AULA	2	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	53	CCT - SLD - ARC - SPL30 - 53
			ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	54	CCT - SLD - ARC - SPL30 - 54
DEP. EXPRESSÕES GRÁFICAS E TRANSPORTES	ESCRITÓRIO	2	ELECTROLUX	SPLIT	24000	OK	55	CCT - EGT - ARC - SPL24 - 55
			ELBRUS	SPLIT	9000	OK	56	CCT - EGT - ARC - SPL09 - 56
SALA DOS PROFESSORES	ESCRITÓRIO	2	BOSCH	SPLIT	18000		57	CCT - SPF - ARC - SPL18 - 57
			MIDEA	SPLIT	24000		58	CCT - SPF - ARC - SPL24 - 58
EMPRESA JR. CIVIL	ESCRITÓRIO	1	MIDEA	SPLIT	24000	OK	59	CCT - EJC - ARC - SPL24 - 59
D.A. MECÂNICA	ESCRITÓRIO	1	PHILCO	SPLIT	18000	OK	X X	CCT - DAM - ARC - SPL18 - XX
AGORA	ESCRITÓRIO	1	PHILCO	SPLIT	18000	OK	X X	CCT - AGO - ARC - SPL18 - XX
D.A. CIVIL	ESCRITÓRIO	1	GREE	ACJ	18000		61	CCT - CIV - ARC - ACJ18 - 61
D.A. COMPUTAÇÃO	ESCRITÓRIO	1	LG	SPLIT	24000	NÃO FUNCIONA	62	CCT - DAC - ARC - SPL24 - 62
LABORATORIO DE TELECOMUNICAÇÕES	LABORATÓRIO	1	AGRATTO	SPLIT	12000	OK	63	CCT - LTC - ARC - SPL12 - 63
LAB 1 DE COMPUTAÇÃO	LABORATÓRIO	1	ELGIN	SPLIT	24000		64	CCT - LDC - ARC - SPL24 - 64
		2	AGRATTO	SPLIT	12000		65	CCT - LDC - ARC - SPL12 - 65
							66	CCT - LDC - ARC - SPL12 - 66
DINTER	ESCRITÓRIO	1	LG	SPLIT	24000		67	CCT - DNT - ARC - SPL24 - 67

	PROTOCOLO	ESCRITÓRIO	1	ELBRUS	SPLIT	18000		68	CCT - PTC - ARC - SPL18 - 68
	LAB DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENG DE COMPUTAÇÃO E SISTEMAS	LABORATÓRIO	1	ELBRUS	SPLIT	24000		69	CCT - LCS - ARC - SPL24 - 69
	DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DAS CONSTRUÇÕES E ESTRUTURAS	ESCRITÓRIO	2	ELECTROLUX	SPLIT	24000		70	CCT - DCE - ARC - SPL24 - 70
				MIDEA	SPLIT	24000		71	CCT - DCE - ARC - SPL24 - 71
	LAPS	LABORATÓRIO	1	AGRATTO	SPLIT	12000		72	CCT - LAP - ARC - SPL12 - 72
	SALA DO LABORATÓRIO DE SIMULAÇÃO	LABORATÓRIO	1	ELBRUS	SPLIT	9000		73	CCT - SLS - ARC - SPL09 - 73
NUTENGE	LABEMTQ	LABORATÓRIO	1	ELGIN	SPLIT	10000		01	NUT - LMQ - ARC - SPL10 - 01
	MSILAB	LABORATÓRIO	1	ELECTROLUX	SPLIT	12000		02	NUT - MSI - ARC - SPL12 - 02
	LABEC	LABORATÓRIO					SEM	03	NUT - LBC - ARC - XXX - 03
	SALA DE PROF.	ESCRITÓRIO	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	04	NUT - SPN - ARC - SPL30 - 04
	NAUCO	LABORATÓRIO	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000		05	NUT - NAU - ARC - SPL24 - 05
	LABELE	LABORATÓRIO	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	06	NUT - LBL - ARC - SPL30 - 06
	GERENCIA	ESCRITÓRIO	1	ELGIN	ACJ	18000		07	NUT - GER - ARC - ACJ18 - 07
	LABLUB	LABORATÓRIO	1	ELGIN	ACJ	18000		08	NUT - LLU - ARC - ACJ18 - 08
	PROJETO ZEUS	LABORATÓRIO	1	LG	SPLIT	24000		09	NUT - AER - ARC - SPL24 - 09
	PROJETO CARCARÁ	LABORATÓRIO	1	LG	SPLIT	24000		10	NUT - CAR - ARC - SPL24 - 10
	LABEMM	LABORATÓRIO	1	ELGIN	SPLIT	24000	DESATIVADO	11	NUT - LBM - ARC - SPL24 - 11
			1	ELECTROLUX	SPLIT	30000		12	NUT - SPM - ARC - SPL30 - 12
	LABPROD	LABORATÓRIO	1	SPRINGER	SPLIT	18000		13	NUT - LPD - ARC - SPL18 - 13
	COYOTE	LABORATÓRIO	1	SPRINGER	SPLIT	18000	OK	14	NUT - COY - ARC - SPL18 - 14
	SALA DE AULA 01	AULA	1	SPRINGER	ACJ	18000	OK	16	NUT - SL1 - ARC - ACJ18 - 16
BAJA	LABORATÓRIO	1	MIDEA	SPLIT	18000	MANUTENÇÃO ELÉTRICA	17	NUT - BAJ - ARC - SPL18 - 17	

	LR	LABORATÓRIO	1	MIDEA	SPLIT	9000		18	NUT - LRF - ARC - SPL09 - 18	
	LAPH	LABORATÓRIO	1	LG	SPLIT	24000		19	NUT - LPH - ARC - SPL24 - 19	
	LAB. CANTEIRO DE OBRAS	LABORATÓRIO	1	LG	SPLIT	24000		20	NUT - LCO - ARC - SPL24 - 20	
	LAB. SEGURANÇA DO TRABALHO	LABORATÓRIO	1	SPRINGER	SPLIT	18000	MANUTENÇÃO PREVENTIVA	21	NUT - LST - ARC - SPL18 - 21	
	LAB. MANUTENÇÃO AUTOMOTIVA	LABORATÓRIO	1	ELECTROLUX	SPLIT	30000		22	NUT - LMA - ARC - SPL30 - 22	
LAB. PAVIMENTAÇÃO E SOLOS	LAB. SOLOS E PAVIMENTAÇÃO	LABORATÓRIO	2	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	01	LPS - LSP - ARC - SPL30 - 01	
							OK	02	LPS - LSP - ARC - SPL30 - 02	
	SALA DOS PESQUISADORES	ESCRITÓRIO	1	SPRINGER	SPLIT	18000		03	LPS - SPQ - ARC - SPL18 - 03	
	ENSAIOS ESPECIAIS	LABORATÓRIO	1	SPRINGER	SPLIT	18000		04	LPS - SEE - ARC - SPL18 - 04	
	SALA DOS PROFESSORES	ESCRITÓRIO	1	SPRINGER	SPLIT	18000		05	LPS - SPF - ARC - SPL18 - 05	
	SALA DE AULA DO LAB. (SALA Z)	AULA	1	ELGIN	SPLIT	30000	OK	06	LPS - LSP - ARC - SPL30 - 06	
	LAB. DE CONCRETO E MAT. DE CONSTRUÇÕES CIVIL	LAB. 1	LABORATÓRIO	1	ELECTROLUX	SPLIT	18000	OK	07	LPS - LC1 - ARC - SPL18 - 07
		LAB. 2	LABORATÓRIO	2	ELECTROLUX	SPLIT	30000	OK	08	LPS - LC2 - ARC - SPL30 - 08
	ELECTROLUX				SPLIT	30000		09	LPS - LC2 - ARC - SPL30 - 09	
	LAB. TOPOGRAFIA	DEPÓSITO	DEPÓSITO	1	ELECTROLUX	SPLIT	12000	OK	10	LPS - TOP - ARC - SPL12 - 10
		SALA DE TREINAMENTO	AULA	2	CONSUL	SPLIT	18000	OK	11	LPS - STR - ARC - SPL18 - 11
								OK	12	LPS - STR - ARC - SPL18 - 12
				2	ELECTROLUX	SPLIT	24000	OK	13	LPS - STR - ARC - SPL24 - 13
		RECEPÇÃO	ESCRITÓRIO	1	ELECTROLUX	SPLIT	12000	OK	14	LPS - STR - ARC - SPL24 - 14
		GERÊNCIA	ESCRITÓRIO	1	CONSUL	SPLIT	18000	OK	15	LPS - REC - ARC - SPL12 - 15
							OK	16	LPS - GER - ARC - SPL18 - 16	

Fonte: Elaborados pelo autor (2019)

Os modelos de ar condicionados desses prédios são do tipo ACJ em pequena quantidade, e a maioria do tipo Split Hi-Wall e Piso Teto, sendo que o CCT conta somente com um (01) aparelho do tipo janela, o NUTENGE conta com três (03) e o Laboratório de Pavimentação e Solos conta apenas com aparelhos do tipo split. A capacidade total do sistema de climatização é mostrada na Tabela 4.2 onde o CCT é de 1733 KBtu/h (144,41 TR), com 75 condicionadores de ar, a do NUTENGE é de 427 KBtu/h (35,59 TR), com 20 condicionadores de ar e a do Laboratório de Pavimentação e Solos é de 348 KBtus/h (29 TR), com 16 condicionadores de ar. Assim este Centro totaliza uma carga térmica de 2508 KBtu/h (209 TR), e necessita de plano de manutenção operação e controle conforme a legislação vigente.

Tabela 4.2 - Capacidade térmica do sistema de climatização dos prédios do CCT

PRÉDIOS	QUANTIDADE (APARELHOS)	CARGA TÉRMICA (KBtu/h)
PRINCIPAL	75	1733
NUTENGE	20	427
LAB. PAVIMENTAÇÃO E SOLOS	16	348
TOTAL	111	2508

Fonte: Elaborados pelo autor (2019)

5 RESULTADOS E DISCURSÕES

A partir da análise relatada anteriormente, das condições e situações do sistema de climatização do CCT, faz necessária como objeto de estudo desse trabalho a elaboração de um plano para manutenção, operação e controle dos aparelhos condicionadores de ar. Assim conhecendo a problemática da climatização do prédio, é posto como estratégia para a melhoria desse sistema, alguns parâmetros, descritos a diante.

5.1 Proposta para melhoria da estrutura física

Considerando os problemas físicos estruturas do CCT, relatados em seções anteriores, são sugeridas a seguir medidas para aperfeiçoar as condições físicas do prédio.

Com o calçamento, pavimentação e plantação de grama em áreas de concentração de poeira, para aliviar a poluição do ar por partículas de pó e reduzir a sujeira dos aparelhos de ar condicionados, isso pode ser realizado através da implantação de blocos de concreto ou asfalto na área de estacionamento, e implementar grama nos halls do prédio (OLIVEIRA, 2016).

Os recintos podem ser isolados corretamente utilizando forro PVC nas janelas, esse método é mais econômico que a substituição por janelas novas com melhor isolamento a exemplo das janelas de vidro, e aplicando adesivo ou fumê nos vidros das janelas para diminuir a insolação. Devem ser construídas ao longo dos prédios bases de concreto para servi de suporte para as unidades externas.

Para as laterais do prédio o calçamento e a constante poda da vegetação que é encontrada neste local, diminuem a sujeira e facilitam a manutenção das máquinas que estão instaladas neste local. A constante atividade de limpeza e higienização externa e interna do CCT, ajudam na performance dos aparelhos e na qualidade de vida das pessoas.

5.2 Proposta para melhoria da rede elétrica

Considerando os problemas de rede elétrica do CCT, relatados em seções anteriores, são sugeridas a seguir medidas para aperfeiçoar as condições elétricas do prédio.

É necessário realizar a substituição de componentes, como o ramal de alimentação, que sai do transformador até o quadro principal, substituir o quadro de energia principal que se encontra em péssimo estado (OLIVEIRA, 2016). Quadros de distribuição, maiores foram instalados nos diversos setores para substituir os quadros menores e antigos, entretanto estes novos quadros ainda não foram interligados ao circuito e permanecem inativos, devendo ser ativados.

Deve ser feito um cálculo para a carga elétrica do prédio, tendo em vista o crescimento da demanda de energia, se deve avaliar e corrigir o circuito do prédio diante dessa crescente demanda. Renovar cabos de energia, tomadas, interruptores, disjuntores e circuito de aterramento.

Há um transformador de 75 KVA alimentando o quadro de energia ao lado da secretaria do curso de CFO/BM, como o recomendado é que haja um circuito elétrico independente pra o sistema de climatização, é sugerido que os aparelhos de ar sejam ligados a esse quadro, ativando a caixa de distribuição nova que tem estrutura para atender a demanda de aparelhos, sendo que esse transformador suporta a carga dos aparelhos instalados (OLIVEIRA, 2016).

5.3 Proposta para melhoria das instalações dos ar condicionados

Considerando os problemas de instalação de ares condicionados do CCT, relatados em seções anteriores, são sugeridas a seguir medidas para aperfeiçoar as condições climáticas do prédio.

A desinstalação dos aparelhos do tipo ACJ, os substituindo pelo do tipo split, pois os ACJ em comparação aos splits, tem atividade de manutenção mais complicada, geram muito ruído ao recinto, já os splits possuem condensador na área externa reduzindo o ruído interno. Os ACJ não são econômicos, e não permitem uma boa estética ao prédio, assim é

ideal a troca desses aparelhos por split que tem manutenção e consumo de energia mais econômica (OLIVEIRA, 2016).

Precisa ser feita o cálculo da carga térmica dos ambientes de acordo com as normas técnicas, isso para corrigir as instalações dimensionadas irregularmente. Com esse cálculo selecionar os equipamentos adequados para cada ambiente e verificar a funcionalidade dos equipamentos existentes.

As instalações devem sofrer mudanças para se adequar as normas de instalação, desse modo alguns aparelhos precisam ser centralizados no espaço, para melhor distribuição do ar, outros devem ser reposicionados de acordo com as recomendações do fabricante, para distância entre o teto e as paredes, e ainda nivelados corretamente no suporte de sustentação. As instalações frigoríficas de baixa e alta pressão, devem ser isoladas separadamente por material esponjoso apropriado e embutidas nas paredes assim como se deve embutir a tubulação de drenagem com o devido declive para escoamento de água condensada. É importante que o dreno seja despejado eficientemente em uma rede fluvial, podendo ainda ser desenvolvido um sistema de reutilização da água.

Aparelhos defeituosos precisam passar por ação de manutenção corretiva, como reparo: de display de temperatura, aletas de direcionamento, telas de proteção do ventilador, e aquisição de controles remotos, para que possam oferecer a funcionalidade desejada. Os aparelhos sem mecanismo de controle de óleo, devem possuir sifão na tubulação frigorífica aplicado conforme instrução do fabricante, e os que já possuem devem seguir essa recomendação.

Para as unidades externas é recomendado que sejam fixadas em local de boa circulação de ar, que facilitem os serviços de manutenção, com uma base de sustentação de concreto, evitando ação de chuva e sol (OLIVEIRA, 2016).

5.4 Proposta para as Manutenções do Sistema de Climatização

Considerando os problemas de serviços de manutenção de ar condicionados do CCT, relatados em seções anteriores, são sugeridas a seguir medidas para operação e controle das atividades de manutenção climática do prédio.

Em primeiro é necessário a obtenção de dados referentes ao local onde se precisa aplicar o plano de manutenção, ou seja, deve ser feita a identificação do conjunto de

ambientes e do responsável por esse conjunto de ambientes. Tendo em vista que estes serviços de manutenção devem ser gerenciados, planejados e dirigidos por responsável reconhecido pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia - CREA, é necessário a identificação desse técnico. A Tabela 5.1 apresenta os dados necessários para reconhecer as entidades desse plano.

Tabela 5.1 - Identificação das entidades envolvidas em plano de manutenção

IDENTIFICAÇÃO DO AMBIENTE OU CONJUNTO DE AMBIENTES			
Nome (Prédio):			
Endereço	Rua:		N°:
	Complemento:		
	Bairro:	Cidade:	UF:
Contato	Tel.:		Fax:
	E-mail:		
IDENTIFICAÇÃO DO PROPRIETÁRIO, LOCATÁRIO OU PREPOSTO			
Nome/Razão Social:			CNPJ:
Endereço	Rua:		N°:
	Complemento:		
	Bairro:	Cidade:	UF:
Contato	Tel.:		Fax:
	E-mail:		
IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO			
Nome/Razão Social:			CNPJ:
Endereço	Rua:		N°:
	Complemento:		
	Bairro:	Cidade:	UF:
Contato	Tel.:		Fax:
	E-mail:		
Registro no Conselho de Classe:			ART.:

Fonte: Elaborados pelo autor (2019)

A criação de um plano conforme o exposto pela portaria nº 3.523 do Ministério da Saúde, em que se descrevem as principais atividades preventivas a serem realizadas pela equipe de manutenção, com periodicidade mensal, trimestral, semestral e anual. Para o CCT, que abriga aparelhos de ar do tipo split e janela, foi desenvolvido o plano descrito na Tabela 5.2, em que para facilitar o controle das atividades, estas foram divididas e alocadas de acordo com o componente do equipamento, que são filtro de ar, bandejas coletoras, evaporadores, gabinetes, condensadores, ventiladores, motores elétricos, compressores, circuitos refrigerantes, medições e circuitos elétricos.

Tabela 5.2 - Atividades e periodicidade de manutenção para ar condicionados do tipo Split

CONDICIONADORES DE AR DO TIPO SPLIT E JANELA			
		Descrição da atividade	Periodicidade
Filtro de Ar	1.1	Verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	Mensal
	1.2	Verificar e eliminar as frestas dos filtros;	Mensal
	1.3	Limpar (quando recuperável) ou substituir (quando descartável) o elemento filtrante;	Mensal
Bandejas Coletoras	2.1	Verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão na bandeja;	Trimestral
	2.2	Verificar a operação de drenagem de água da bandeja;	Mensal
	2.3	Lavar as bandejas com remoção do biofilme (lodo), sem o uso de produtos desengraxantes e corrosivos;	Trimestral
Evaporadores	3.1	Verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	Mensal
	3.2	Lavar a serpentina com remoção do biofilme (lodo), sem o uso de produtos desengraxantes e corrosivos;	Mensal
	3.3	Verificar o estado de conservação do isolamento termo-acústico;	Mensal
	3.4	Verificação de aletas amassadas (pentear se necessário);	Mensal
Gabinetes	4.1	Verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão no gabinete (externamente e internamente);	Trimestral
	4.2	Verificar a operação de circulação de ar;	Mensal
	4.3	Verificar o estado de conservação do isolamento termo-acústico e substituir se existir bolor;	Trimestral
	4.4	Verificar a vedação dos painéis de fechamento do gabinete;	Mensal

	4.5	Verificar atuação do termostato e chave seletora	Mensal
	4.6	Lavar as bandejas e serpentinas com remoção do biofilme (lodo), sem o uso de produtos desengraxantes e corrosivos;	Trimestral
Condensadores	5.1	Verificar e eliminar danos e corrosão no aletado e moldura;	Trimestral
	5.2	Lavar e remover incrustações;	Trimestral
Ventiladores	6.1	Verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	Trimestral
	6.2	Verificar a fixação e amortecedores de vibração;	Mensal
	6.3	Verificar ruídos anormais;	Mensal
	6.4	Lubrificar;	Mensal
	6.5	Verificar balanceamento;	Mensal
Motores Elétricos	7.1	verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	Trimestral
	7.2	verificar a fixação;	Mensal
	7.3	verificar a operação dos amortecedores de vibração;	Trimestral
	7.4	verificar o aterramento;	Mensal
Compressores	8.1	Verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	Trimestral
	8.2	Verificar vazamentos e nível de óleo e refrigerante;	Mensal
	8.3	Verificar o estado de conservação do isolamento termo-acústico;	Mensal
	8.4	Verificar a fixação;	Mensal
	8.5	Verificar a operação dos amortecedores de vibração;	Mensal
Circuito Refrigerante	9.1	Verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão das tubulações;	Semestral
	9.2	Verificar a atuação da válvula de expansão;	Trimestral
	9.3	Verificar e eliminar danos no isolamento térmico;	Trimestral
	9.4	Verificar a vedação das conexões;	Trimestral
	9.5	Medir a quantidade de fluido refrigerante no sistema;	Mensal
	9.6	Verificar a fixação;	Semestral
Medições	10.1	Medir diferencial de pressão;	Mensal
	10.2	Tensão, comparar com a nominal;	Mensal
	10.3	Corrente, comparar com a nominal;	Mensal
	10.4	Vazões de ar no evaporador, Verificar a operação dos controles de vazão;	Anual
	10.5	Temperatura de retorno do ar;	Mensal

	10.6	Temperatura de insuflamento;	Mensal
	10.7	Isolamento entre fases para carcaça do compressor e motor ventilador;	Semestral
Circuito Elétrico	11.1	Limpeza dos quadros e componentes;	Trimestral
	11.2	Verificação da temperatura dos componentes;	Mensal
	11.3	Verificar disjuntores, tomadas, plugs e rabichos;	Mensal
	11.4	Verificar todos os contatos (terminais) elétricos, quanto ao aperto e corrosão;	Trimestral

Fonte: Elaborados pelo autor (2019)

A partir desta tabela, nota-se que é exigido a manutenção do circuito elétrico do prédio, que é fundamental para o funcionamento correto dos equipamentos. E ainda se faz necessário as medições do sistema.

Para o controle das atividades realizadas, elaborou-se a Tabela 5.3, que apresenta o TAG do aparelho, para facilitar sua identificação, o local de instalação do ar condicionado, a data de execução do serviço e seu responsável técnico, o responsável pela aprovação do serviço, que pode ser um representante do CCT, e por fim espaço reservado para alguma observação.

Tabela 5.3 - Controle das atividades de manutenção

FICHA DE SERVIÇOS / ATIVIDADES				
Local:			TAG:	
Nº da atividade	Data de execução	Executado por	Aprovado por	Observação

Fonte: Elaborados pelo autor (2019)

5.5 Estratégia de Coleta de Dados de Manutenção e Avaliação do Sistema

As medições são meios de avaliar o desempenho de alguma peça ou componente, e deve fazer parte dos serviços de manutenção. Assim devem ser feitas medições de qualidade do ar semestralmente, com seus resultados tabelados e arquivados. Devem sempre ficar expostos ao público que utiliza o espaço esses resultados, para que tenham conhecimento do grau de pureza do local. A Tabela 5.4 mostra como deve ser exposta o controle dos parâmetros para qualidade do ar de acordo com a Resolução N° 09 da ANVISA.

Tabela 5.4 - Ficha para Análise da qualidade do ar com referência na RE N° 09

ANÁLISE DO AR CLIMATIZADO				
PARÂMETROS	RESULTADO DAS ANÁLISES			
	1ª Data	2ª Data	3ª Data	4ª Data
Temperatura				
Taxa de renovação do ar				
Umidade				
Aerodispersóides				
Contagem e identificação de fungos				
Dióxido de Carbono CO ₂				
Outros				

Fonte: Elaborados pelo autor (2019)

Os padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados de uso público e coletivo recomendados pela resolução N° 09, da ANVISA, para o CCT são:

- a) A faixa recomendável de operação das Temperaturas de Bulbo Seco, nas condições internas para verão, deverá variar de 23°C a 26°C, e para inverno de 20°C a 22°C.
- b) A Taxa de Renovação do Ar adequada de ambientes climatizados será, no mínimo, de 27 m³/hora/pessoa, exceto no caso específico de ambientes com alta rotatividade de pessoas, no qual o mínimo será de 17m³/hora/pessoa.

- c) A faixa recomendável de operação da Umidade Relativa, nas condições internas para verão, deverá variar de 40% a 65%, e para inverno de 40% a 55%.
- d) Menor igual a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de aerodispersóides totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado.
- e) O Valor Máximo Recomendável - VMR, para contaminação microbiológica deve ser menor igual a $750 \text{ ufc}/\text{m}^3$ de fungos, para a relação I/E menor igual a 1,5, onde I é a quantidade de fungos no ambiente interior e E é a quantidade de fungos no ambiente exterior. Quando o VMR for ultrapassado ou a relação I/E for maior que 1,5, é necessário fazer um diagnóstico de fontes poluentes para uma intervenção corretiva. É inaceitável a presença de fungos patogênicos e toxigênicos.
- f) Menor igual a 1000 ppm de dióxido de carbono - (CO_2), como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar.

Devem ser feitas também nos condicionadores medições frequentes de vazão de ar do evaporador, pressão de sucção e de descarga do compressor, teste de quantidade de fluido refrigerante, de tensão e corrente elétrica, consumo de energia e nível de ruído, para determinar se o sistema de climatização está operando dentro dos níveis aceitáveis. É proposto a realização da conferência de todos esses pontos, e em caso de divergência comunicar ao responsável, para correção de acordo com o fabricante. O armazenamento dessas informações podem ser úteis para futuras intervenções e estudos.

6 CONCLUSÃO

Como pode se observar ao longo deste trabalho, as ações de manutenção, são essenciais para o bom funcionamento de qualquer que seja o processo mecânico. Nota-se que para que haja uma aceitável qualidade do ar, e conseqüentemente maior qualidade de vida dos integrantes dos ambientes se faz necessária a aplicação da manutenção dos equipamentos condicionadores de ar, assim como a coleta de dados e informações sobre as condições físicas do ar, e a medição da performance das diferentes funções dos condicionadores.

Conhecendo as condições estruturas físicas, elétricas e climáticas, fica claro a carência do Centro de Ciências Tecnológicas da UEMA, em atividades de prevenção e correção, isso pelo fato de estarem em uma situação não favoráveis para que se tenha conforto e qualidade de vida. E para isso é proposto a criação de um plano de manutenção e operação para que serviços possam ser realizados corretamente, com periodicidade adequada e no momento apropriado.

Essa relação de equipamentos foi muito importante para ter um diagnóstico em relação a distribuição, tipo e a carga térmica total disponível do Centro de Ciências Tecnológicas. O plano de manutenção proposto é fundamental para que haja a sustentabilidade dos equipamentos, ou seja, para que as condições dos componentes, consumo de energia e qualidade do ar, estejam dentro do padrão, combatendo o desperdício e melhorando o ambiente, garantindo o desempenho regular dos sistemas por toda vida útil do equipamento, proporcionando o suprimento das necessidades dos usuários. Por fim, o gerenciamento correto da manutenção é importantíssimo, pois contribui diretamente para o desenvolvimento das atividades no ambiente.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Análises e controle sobre os parâmetros de medidas de qualidade do ar para ambientes climatizados do Centro de Ciências Tecnológicas da UEMA;
- Cálculo da carga térmica dos ambientes do Centro de Ciências Tecnológicas da UEMA, e seleção adequada de condicionadores de ar, quanto ao modelo e capacidade.
- Cálculo e dimensionamento da rede elétrica apropriada para os ar condicionados do Centro de Ciências Tecnológicas da UEMA.
- Elaboração de um sistema para captação de água condensada de aparelhos de ar condicionado do Centro de Ciências e Tecnológicas, e redirecionamento para outra finalidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO. **Cartilha de orientação sobre manutenção de sistemas de climatização**. São Paulo - SP, 2018. 04 p. Disponível em: <<https://abrava.com.br/wp-content/uploads/2018/11/RENABRAVA-07-versao-juridica-03-de-julho.pdf>>. Acesso em: 15/12/2018.

ALVES, Diego Nascimento; CARRERA, Rafael Reuter. **Procedimento básico de elaboração e implantação de projetos de sistemas de ar condicionado baseado na abnt nbr 16401**. 2013. 110 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, 2013. Disponível em: <http://www.engenhariamecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/012-2_diego_alves_e_rafael_reuter.pdf>. Acesso em: 29/11/2018.

ANTONOVICZ, Diego; WEBER, Rhuann Georgio Bueno. **Inventário e PMOC - plano de manutenção operação e controle - nos condicionadores de ar do Campus medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. 2013. 60 f. TCC (Graduação) - Curso 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>. Acesso em: 17/11/2018.

ARAUJO, Eliete de Pinho. **Apostila de ar condicionado e exaustão**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/7455/1/Apostila%20ar%20condicionado%2010.011.pdf>>. Acesso em: 17/11/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401: Instalações de Ar Condicionado - Sistemas Centrais e Unitários**, Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003**. Determina a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Publicação: D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, órgão emissor: ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária alcance do ato: federal - Brasil área de atuação: Tecnologia de Serviços de Saúde.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 3523, 28 de agosto de 1998**. Diário Oficial da União, Brasília, 31/08/1998. Seção 1;40-42.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa brasileiro de eliminação dos hcfcs-pbh: treinamento e capacitação para boas práticas em sistemas de ar condicionado do tipo split** / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2015. 192 p. ; Il. Color

CARRIER, Willis. **O inventor do ar condicionado moderno**. Disponível em: <<http://www.williscarrier.com/>>. Acesso em 16/11/2018.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. 2013. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2012_3_Mariana.pdf>. Acesso em: 14/11/2018.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Morte de ministro levou o Governo a legislar a respeito**. 21 de dezembro de 2005. Disponível em: <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/negocios/morte-de-ministro-levou-o-governo-a-legislar-a-respeito-1.517538>>. Acesso em 16/12/2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA. **Manutenção básica em sistemas de ar condicionado**. 2009. Disponível em: <http://www.portaldoeletrodomestico.com.br/cursos/refrigeracao_ar/Manutencao+Basica+e+Sistemas+de+Ar+Condicionado.pdf>. Acesso em: 14/11/2018.

FERREIRA, Luís Andrade. **Uma introdução à manutenção**. Porto: Publindústria, Edições Técnicas, 1998.

GOMES, I. C. M., et al. **Análise e otimização da gestão da manutenção em uma empresa do setor de transporte urbano do interior potiguar**. In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Belo Horizonte – MG, 2011.

JUNIOR, E. L. Costa. **Gestão em processos produtivos**. 1 ed. Curitiba: InterSaberes, 2012.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.

MORO, Norberto; AURAS, André Paegle. **Introdução a gestão da manutenção**. Florianópolis: 2007. Disponível em: <<http://norbertocefetsc.pro.br/downloads/manutencao.pdf>>. Acesso em: 15/12/2018.

OLIVEIRA, Danilo Felipe; MARTINS, Juliana CÓ. **Metodologia para análise e escolha de sistemas de condicionamento de ar**. 2014. 59 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - Espírito Santo, 2014. Disponível em: <http://www.engenhariamecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/aneo/014-1_danilo_e_juliana-1.pdf>. Acesso em: 17/12/2018.

OLIVEIRA, Wesley Carlos Santos. **Propostas Para Melhorias do Quadro de Climatização do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Estadual do Maranhão**. 2016. 61 f. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís – Maranhão, 2016.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista Gestão Industrial. Vol.4, n.2, 2008.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. - **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

PINTO, Vitor M. **Gestão da manutenção. IAPMEI** - Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e ao Investimento, 2004.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Eletrobras. **Sistemas de ar condicionado:** Eficiência energética nos prédios públicos. Minas Gerais, 2011. 148 p. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20Pratico%20PROCEL Man%20Ar-Cond-Procet-Eletr-11.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20Pratico%20PROCEL%20Man%20Ar-Cond-Procet-Eletr-11.pdf)>. Acesso em: 18/12/2018.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 2002. 703 p.

SOARES, Sérgio. **Treinamento linha residencial: pós vendas.** Apostila de Programa de Capacitação Profissional Midea Carrier, 2014.

SOUSA, I. M.; CAVALCANTE, P. S. **Gestão da manutenção como ferramenta estratégica para aumento da produtividade de uma empresa de perfuração de poços tubulares.** 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade do Estado do Pará, Redenção, 2011.

ANEXOS

ANEXO I - PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE – PMOC

1 - Identificação do Ambiente ou Conjunto de Ambientes:

Nome (Edifício/Entidade)			
Endereço completo			Nº
Complemento	Bairro	Cidade	UF
Telefone		Fax	

2 - Identificação do () Proprietário, () Locatário ou () Preposto:

Nome/Razão Social	CIC/CGC
Endereço completo	Tel./Fax/Endereço Eletrônico

3 - Identificação do Responsável Técnico:

Nome/Razão Social	CIC/CGC
Endereço completo	Tel./Fax/Endereço Eletrônico
Registro no Conselho de Classe	ART*

*ART = Anotação de Responsabilidade Técnica

4 - Relação dos Ambientes Climatizados:

Tipo de Atividade	Nº de Ocupantes Fixos Flutuantes	Identificação do Ambiente ou Conjunto de Ambientes	Área Climatizada Total	Carga Térmica
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

NOTA: Anexar Projeto de instalação do sistema de climatização.

5 - Plano de Manutenção e Controle

Descrição da atividade	Periodi- cidade	Data de execução	Executado por	Aprovado por
a) Condicionador de Ar (do tipo "expansão direta" e "água gelada")				
Verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão no gabinete, na moldura da serpentina e na bandeja;	-	-	-	-
limpar as serpentinas e bandejas	-	-	-	-
verificar a operação dos controles de vazão;	-	-	-	-
verificar a operação de drenagem de água da bandeja;	-	-	-	-
verificar o estado de conservação do isolamento termo- acústico;	-	-	-	-
verificar a vedação dos painéis de fechamento do gabinete;	-	-	-	-
verificar a tensão das correias para evitar o escorregamento;	-	-	-	-
lavar as bandejas e serpentinas com remoção do biofilme (lodo), sem o uso de produtos desengraxantes e corrosivos;	-	-	-	-
limpar o gabinete do condicionador e ventiladores (carcaça e rotor).	-	-	-	-
verificar os filtros de ar:	-	-	-	-
- filtros de ar (secos)	-	-	-	-
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	-	-	-	-
medir o diferencial de pressão;	-	-	-	-
verificar e eliminar as frestas dos filtros;	-	-	-	-

limpar (quando recuperável) ou substituir (quando descartável) o elemento filtrante.	-	-	-	-
- filtros de ar (embebidos em óleo)	-	-	-	-
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	-	-	-	-
medir o diferencial de pressão;	-	-	-	-
verificar e eliminar as frestas dos filtros;	-	-	-	-
lavar o filtro com produto esengraxante e inodoro;	-	-	-	-
pulverizar com óleo (inodoro) e escorrer, mantendo uma fina película de óleo.	-	-	-	-
b) Condicionador de Ar (do tipo "com condensador remoto" e "janela")				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão no gabinete, na moldura da serpentina e na bandeja;	-	-	-	-
verificar a operação de drenagem de água da bandeja;	-	-	-	-
verificar o estado de conservação do isolamento termo- acústico (se está preservado e se não contém bolor);	-	-	-	-
verificar a vedação dos painéis de fechamento do gabinete;	-	-	-	-
lavar as bandejas e serpentinas com remoção do biofilme (lodo), sem o uso de produtos desengraxantes e corrosivos;	-	-	-	-
limpar o gabinete do condicionador;	-	-	-	-
verificar os filtros de ar.	-	-	-	-
- filtros de ar	-	-	-	-
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	-	-	-	-

verificar e eliminar as frestas dos filtros;	-	-	-	-
limpar o elemento filtrante.	-	-	-	-
c) Ventiladores				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	-	-	-	-
verificar a fixação;	-	-	-	-
verificar o ruído dos mancais;	-	-	-	-
lubrificar os mancais;	-	-	-	-
verificar a tensão das correias para evitar o escorregamento;	-	-	-	-
verificar vazamentos nas ligações flexíveis;	-	-	-	-
verificar a operação dos amortecedores de vibração;	-	-	-	-
verificar a instalação dos protetores de polias e correias;	-	-	-	-
verificar a operação dos controles de vazão;	-	-	-	-
verificar a drenagem de água;	-	-	-	-
limpar interna e externamente a carcaça e o rotor.	-	-	-	-
d) Casa de Máquinas do Condicionador de Ar				
verificar e eliminar sujeira e água;	-	-	-	-
verificar e eliminar corpos estranhos;	-	-	-	-
verificar e eliminar as obstruções no retorno e tomada de ar externo;	-	-	-	-
- aquecedores de ar				
verificar e eliminar sujeira, dano em corrosão;	-	-	-	-
verificar o funcionamento dos dispositivos de segurança;	-	-	-	-
limpar a face de passagem do fluxo de ar.	-	-	-	-

- umidificador de ar com tubo difusor (ver obs. 1)				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	-	-	-	-
verificar a operação da válvula de controle;	-	-	-	-
ajustar a gaxeta da haste da válvula de controle;	-	-	-	-
purgar a água do sistema;	-	-	-	-
verificar o tapamento da caixa d'água de reposição;	-	-	-	-
verificar o funcionamento dos dispositivos de segurança;	-	-	-	-
verificar o estado das linhas de distribuição de vapor e de condensado;	-	-	-	-
- tomada de ar externo (ver obs. 2)				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	-	-	-	-
verificar a fixação;	-	-	-	-
medir o diferencial de pressão;	-	-	-	-
medir a vazão;	-	-	-	-
verificar e eliminar as frestas dos filtros;	-	-	-	-
verificar o acionamento mecânico do registro de ar ("damper");	-	-	-	-
limpar (quando recuperável) ou substituir (quando descartável) o elemento filtrante;	-	-	-	-
- registro de ar ("damper") de retorno (ver obs. 2)				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	-	-	-	-
verificar o seu acionamento mecânico;	-	-	-	-
medir a vazão;	-	-	-	-
- registro de ar ("damper") corta fogo (quando houver)				

verificar o certificado de teste;	-	-	-	-
verificar e eliminar sujeira nos elementos de fechamento, trava e reabertura;	-	-	-	-
verificar o funcionamento dos elementos de fechamento, trava e reabertura;	-	-	-	-
verificar o posicionamento do indicador de condição (aberto ou fechado);	-	-	-	-
- registro de ar ("damper") de gravidade (venezianas automáticas)				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	-	-	-	-
verificar o acionamento mecânico;	-	-	-	-
lubrificar os mancais;	-	-	-	-
Observações:				
1. Não é recomendado o uso de umidificador de ar por aspersão que possui bacia de água no interior do duto de insuflamento ou no gabinete do condicionador.				
2. É necessária a existência de registro de ar no retorno e tomada de ar externo, para garantir a correta vazão de ar no sistema.				
e) Dutos, Acessórios e Caixa Pleno para o Ar				
verificar e eliminar sujeira (interna e externa), danos e corrosão;	-	-	-	-
verificar a vedação das portas de inspeção em operação normal;	-	-	-	-
verificar e eliminar danos no isolamento térmico;	-	-	-	-
verificar a vedação das conexões;	-	-	-	-
- bocas de ar para insuflamento e retorno do ar				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	-	-	-	-
verificar a fixação;	-	-	-	-
medir a vazão;	-	-	-	-

- dispositivos de bloqueio e balanceamento	-	-	-	-
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	-	-	-	-
verificar o funcionamento;	-	-	-	-
f) Ambientes Climatizados				
verificar e eliminar sujeira, odores desagradáveis, fontes de ruídos, infiltrações, armazenagem de produtos químicos, fontes de radiação de calor excessivo, e fontes de geração de microorganismos;	-	-	-	-
g) Torre de Resfriamento				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;	-	-	-	-
Notas:				
<p>1) As práticas de manutenção acima devem ser aplicadas em conjunto com as recomendações de manutenção mecânica da NBR 13.971 - Sistemas de Refrigeração. Condicionamento de Ar e Ventilação - Manutenção Programada da ABNT, assim como aos edifícios da Administração Pública Federal o disposto no capítulo Práticas de Manutenção, Anexo 3, itens 2.6.3 e 2.6.4 da Portaria nº 2.296/97, de 23 de julho de 1997, Práticas de Projeto, Construção e Manutenção dos Edifícios Públicos Federais, do Ministério da Administração Federal e Reformas de Estado - MARE. O somatório das práticas de manutenção para garantia do ar e manutenção programada visando o bom funcionamento e desempenho térmico dos sistemas, permitirá o correto controle dos ajustes das variáveis de manutenção e controle dos poluentes dos ambientes.</p> <p>2) Todos os produtos utilizados na limpeza dos componentes dos sistemas de climatização, devem ser biodegradáveis e estarem devidamente registrados no Ministério da Saúde para esse fim.</p> <p>3) Toda verificação deve ser seguida dos procedimentos necessários para o</p>				

**ANEXO II -CLASSIFICAÇÃO DE FILTROS DE AR PARA UTILIZAÇÃO EM
AMBIENTES CLIMATIZADOS, CONFORME RECOMENDAÇÃO
NORMATIVA 004-1995 da SBCC**

Classe de filtro		Eficiência (%)
Grossos	G0	30-59
-	G1	60-74
-	G2	75-84
-	G3	85 e acima
Finos	F1	40-69
-	F2	70-89
-	F3	90 e acima
Absolutos	A1	85-94, 9
-	A2	95-99, 96
-	A3	99, 97 e acima

Notas:

1) Métodos de ensaio:

Classe G: Teste gravimétrico, conforme ASHRAE* 52.1 - 1992 (arrestance)

Classe F: Teste colorimétrico, conforme ASHRAE 52.1 - 1992 (dust spot)

Classe A: Teste fotométrico DOP TEST, conforme U.S. Militar Standart 282

*ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Inc.

2) Para classificação das áreas de contaminação controlada, referir-se a NBR 13.700 de junho de 1996, baseada na US Federal Standart 209E de 1992.

3) SBCC - Sociedade Brasileira de Controle da Contaminação.