

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**DIEGO NASCIMENTO ALVES
RAFAEL REUTER CARRERA SAÚDE**

**PROCEDIMENTO BÁSICO DE ELABORAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE
PROJETOS DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO BASEADO NA
ABNT NBR 16401**

**VITÓRIA-ES
2013**

DIEGO NASCIMENTO ALVES
RAFAEL REUTER CARRERA SAÚDE

**PROCEDIMENTO BÁSICO DE ELABORAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE
PROJETOS DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO BASEADO NA
ABNT NBR 16401**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Mecânica do Centro
Tecnológico da Universidade Federal do
Espírito Santo, como requisito parcial
para obtenção do grau de Engenheiro
Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Marcon
Donatelli

VITÓRIA-ES

2013

ALVES, Diego Nascimento.

SAÚDE, Rafael Reuter Carrera

Procedimento Básico de Elaboração e Implantação de Projetos de Sistemas de Ar Condicionado Baseado na ABNT NBR 16401; Diego Nascimento Alves, Rafael Reuter Carrera Saúde – 2013. **100f.**

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. AR CONDICIONADO. 2. SISTEMAS CENTRAIS. 3. PROJETO. 4. INTEGRAÇÃO.

I. ALVES, Diego Nascimento; II. SAÚDE, Rafael Reuter Carrera; III. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Mecânica; IV. Procedimento Básico de Elaboração e Implantação de Projetos de Sistemas de Ar Condicionado Baseado na ABNT NBR 16401

DIEGO NASCIMENTO ALVES
RAFAEL REUTER CARRERA SAÚDE

**PROCEDIMENTO BÁSICO DE ELABORAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE
PROJETOS DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO BASEADO NA
ABNT NBR 16401**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Aprovado em 8 de Fevereiro de 2013.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. Me. Elias Antônio Dalvi
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

Prof. Me. Herbert Barbosa Carneiro
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

“Sempre mire no objetivo, e esqueça do sucesso”

Helen Hayes

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos pais, irmãos, amigos e mestres por todo apoio nestes anos de faculdade.

RESUMO

Este trabalho busca a criação de uma ferramenta que auxilie os projetistas, oferecendo um roteiro com a sequência das atividades, organizadas em sete etapas, para implantação de um sistema central de ar condicionado, baseado na ABNT NBR 16401. Este guia possibilita a identificação dos executores de cada atividade, definindo as responsabilidades do contratante, dos projetistas e demais áreas envolvidas, criando um fluxo lógico das atividades a serem seguidas. Tem por propósito acabar com a construção de projetos isolados, incentivando o trabalho entre equipes, baseado em procedimentos e objetivos claros e precisos.

Palavras-Chave: Ar condicionado, Sistema Central, Projeto, Integração.

ABSTRACT

This paper seeks to create a tool in order to assist designers by providing a manual to the sequence of activities. It is organized into seven steps for implementation of a central air conditioning system, based on the ABNT NBR 16401. This guide allows the identification of the executors of each activity, defining the responsibilities of the contractor, designers and other areas involved, creating a logical flow of activities to be followed. Its purpose is to end the construction of individual projects, encouraging work among teams, based on procedures and objectives clear and precise

Keywords: *Air Conditioning, Central System, Design, Integration.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – SISTEMA CENTRAL MULTI-SPLIT – PROJETO DO FABRICANTE LG	15
FIGURA 2 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA – “FAN-COIL”	15
FIGURA 3– SISTEMA COM <i>CHILLER</i> DE CONDENSAÇÃO A AR.....	31
FIGURA 4 – SISTEMA COM <i>CHILLER</i> DE CONDENSAÇÃO A ÁGUA	32
FIGURA 5 – ETIQUETA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA.....	54
FIGURA 6 – BALANÇO DE ENERGIA PARA O CALCULO DA CARGA TÉRMICA PARA UMA SUPERFÍCIE OPACA SIMPLES.....	74
FIGURA 7 – ORGANOGRAMA GERAL DO MÉTODO RTS.....	76

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – EXEMPLO DE MATRIZ DE ANÁLISE E SELEÇÃO DE SISTEMAS HVAC.....	55
TABELA 2 – NÍVEIS DE RUÍDOS – AMBIENTES EXTERNOS.....	56
TABELA 3 – NÍVEIS DE RUÍDOS – AMBIENTES INTERNOS	57
TABELA 4 – NÍVEIS DE RUÍDOS – EXPOSIÇÃO AO RUÍDO CONTÍNUO	58
TABELA 5 – ÍNDICE DA QUALIDADE DO AR.....	60
TABELA 6 – PADRÕES E CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DO AR	60
TABELA 7 – VAZÃO EFICAZ MÍNIMA DE AR EXTERIOR PARA VENTILAÇÃO	62
TABELA 8 – CONFIGURAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE AR NAS ZONAS DE VENTILAÇÃO	65
TABELA 9 – EFICIÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO DE AR NAS ZONAS DE VENTILAÇÃO	15
TABELA 10 – CLASSIFICAÇÃO DE FILTROS DE PARTÍCULAS.....	16
TABELA 11 – CLASSE MÍNIMA DE FILTRAGEM	169
TABELA 12 – DISTÂNCIA MÍNIMA DE POSSÍVEIS FONTES DE POLUIÇÃO	70
TABELA 13 – QUADRO COMPARATIVO: VANTAGENS X DESVANTAGENS – SISTEMAS DE AR CONDICIONADO DO TIPO ÁGUA GELADA	94
TABELA 14 – SISTEMAS DE ÁGUA GELADA COM CHILLER A AR	94
TABELA 15 – SISTEMAS DE ÁGUA GELADA COM CHILLER A ÁGUA	95

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	14
1.2 MOTIVAÇÃO	15
1.3 OBJETIVOS	15
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TEXTO	16
 2 CONCEPÇÃO INICIAL DA INSTALAÇÃO	 18
2.1 EXIGÊNCIAS DE PROJETO RELACIONADAS AO CONSUMO ENERGÉTICO E ASPECTOS AMBIENTAIS.....	19
2.2 INFORMAÇÕES DE INFRA-ESTRUTURA.....	20
2.3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS VIÁVEIS A APLICAÇÃO.....	21
2.4 ESTIMATIVA PRELIMINAR DO ESPAÇO TÉCNICO PARA INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	22
 3 DEFINIÇÃO DAS INSTALAÇÕES.....	 24
3.1 CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA.....	24
3.2 SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS.....	25
3.3 DEFINIÇÃO DO LOCAL DAS CASAS DE MÁQUINAS E SUAS DIMENSÕES	33
3.4 DIMENSIONAMENTO DAS REDES DE DUTOS E DEFINIÇÃO DAS PASSAGENS.....	34
3.4.1. DISTRIBUIÇÃO DO AR	34
3.4.2. CLASSE DE PRESSÃO.....	35
3.4.3. VAZAMENTO EM DUTOS.....	35
3.4.4. ENSAIOS	35
3.4.5. REGISTROS CORTA-FOGO E FUMAÇA	35
3.4.6. ISOLAÇÃO TÉRMICA.....	36
3.4.7. TRATAMENTO ACÚSTICO	36
3.4.8. CONSTRUÇÃO DOS DUTOS	36
3.5 DIMENSIONAMENTO DAS REDES HIDRÁULICAS E FRIGORÍFICAS, BEM COMO DAS PASSAGENS.....	37

4 IDENTIFICAÇÃO E SOLUÇÃO DE INTERFACES.....	41
5 PROJETO DE DETALHAMENTO.....	42
5.1 DESENHOS DAS REDES HIDRÁULICAS E DAS INSTALAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE AR.....	43
5.2 ELABORAÇÃO DE EDITAIS PARA EQUIPAMENTOS E MATERIAIS E DE CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS	43
6 PROJETO LEGAL	45
7 AQUISIÇÃO E INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS, E CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS	46
7.1 CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS E COMPRA DE MATERIAIS	46
7.2 PLANEJAMENTO DA INSTALAÇÃO DE AR CONDICIONADO	46
7.3 INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO.....	47
8 DETALHAMENTO DE OBRA E DESENHOS ‘CONFORME CONSTRUÍDO’.....	49
9 FERRAMENTAS DE AUXÍLIO.....	50
10 COMENTÁRIOS FINAIS E SUGESTÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS A – PROTOCOLO DE MONTREAL – CRONOGRAMA DE REDUÇÃO DAS SDO	55
ANEXO B – ETIQUETA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA.....	55
ANEXO C – VANTAGENS X DESNVANTAGENS: SISTEMAS DE AR CONDICIONADO COM ÁGUA GELADA	56
APÊNDICE A – NÍVES DE RUÍDO	60

APÊNDICE B – RENOVAÇÃO DO AR E CLASSE DE FILTRAGEM.....	61
APÊNDICE C – CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA	74
APÊNDICE D – TORRES DE RESFRIAMENTO.....	86
APÊNDICE E – BOMBAS HIDRÁULICAS	91
APÊNDICE G – VENTILADORES	93
APÊNDICE F – TANQUES DE TERMOACUMULAÇÃO	96
APÊNDICE H – VANTAGENS E DESVANTAGENS DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO DO TIPO ÁGUA GELADA	97
APÊNDICE I – FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROJETO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO	97
APÊNDICE J – FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DESENVOLVIDAS NA LINHA DO TEMPO NA INTERFACE DO <i>MS PROJECT</i>	102

1 INTRODUÇÃO

A concepção de um projeto é um complexo processo que abrange, além do projeto propriamente dito, as inter relações entre as outras áreas técnicas. Portanto, a coordenação de um projeto deve contemplar e priorizar a integração de equipes, bem como da experiência e do conhecimento de cada parte integrante da obra. Dessa forma, pode-se otimizar o projeto, com um bom planejamento e controle eficaz.

Este trabalho busca a criação de uma ferramenta que auxilie os projetistas, oferecendo um roteiro com a sequência das atividades, organizadas em sete etapas, para implantação de um sistema central de ar condicionado, segundo a ABNT NBR 16401. Este guia possibilita a identificação dos executores de cada atividade, definindo as responsabilidades do contratante, dos projetistas e demais áreas envolvidas.

A idéia principal deste trabalho é fornecer um guia de integração do projeto de ar condicionado com as outras áreas, criando um fluxo lógico das atividades a serem seguidas. Tem por propósito acabar com a construção de projetos isolados, incentivando o trabalho entre equipes, baseado em procedimentos e objetivos claros e precisos, evitando interferências e problemas pós-projeto.

A ABNT NBR 16401, atualizada em 2008, substituiu e cancelou a ABNT NBR 6401 de 1980. Com o título “Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitário”, esta norma se subdivide em três partes: Parte1 – Projetos das Instalações; Parte 2 – Parâmetros de conforto térmico; Parte 3 – Qualidade do ar interior. Por conter muitas referências normativas, referências bibliográficas e muitos anexos, essa ferramenta desenvolvida busca direcionar o uso de cada recurso disponibilizado, indicando a fase em que deve ser utilizado.

1.1 GERENCIAMENTO DE PROJETOS

O PMBOK 2008 (Project Management Body of Knowledge), guia de melhores práticas em gerenciamento de projetos do PMA (Project Management Institute), define um projeto como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo.

Um projeto pode criar:

- Um produto que pode ser um item final ou um item componente de outro item;
- Uma capacidade de realizar um serviço, como funções de negócios que dão suporte à produção ou à distribuição, ou;
- Um resultado, como um produto ou um documento (por exemplo, um projeto de pesquisa).

O gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus objetivos. Os processos envolvidos no gerenciamento de projetos são divididos em cinco grupos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e encerramento. Gerenciar um projeto inclui:

- Identificação dos requisitos;
- Adaptação às diferentes necessidades, preocupações e expectativas das partes interessadas à medida que o projeto é planejado e realizado;
- Balanceamento das restrições conflitantes do projeto.

Tradicionalmente, o gerenciamento de projetos tenta adquirir controle sobre três variáveis: Tempo, Escopo e Custo, o triângulo da gerência de projetos. Onde um lado do triângulo não pode ser mudado sem impactar no outro. Já na versão atual do PMBOK, a tríplice restrição foi eliminada, passando a considerar restrições que incluem, mas não se limitam a: Escopo; Qualidade, Cronograma, Orçamento, Recursos e Risco. São nove as áreas de conhecimento nas quais os processos são divididos: Integração, Escopo, Tempo, Custo, Qualidade, Recursos Humanos, Comunicação, Risco e Aquisições.

O gerente de projetos é a pessoa designada pela organização executora para determinar os requisitos, executar as necessidades do cliente e atingir os objetivos do projeto. Para manter o controle sobre o projeto do início ao fim, um gerente de projetos utiliza várias técnicas, dentre as quais se destacam: Planejamento de projeto, Estrutura Analítica do Projeto, Cronograma, Análise de valor agregado e Gerenciamento de riscos de projeto.

1.2 MOTIVAÇÃO

As instalações de ar condicionado geram grande preocupação com interferências devido à grande dimensão física que seus componentes ocupam dentro da área do empreendimento, aliado às condições específicas de acomodação dos mesmos. Por isso, desde o início da concepção do projeto, deve-se atentar para as interferências e conflitos com outras áreas técnicas.

A participação dos projetistas de sistemas de ar condicionado também é fundamental para a otimização do consumo de energia e água do empreendimento, bem como pelo cuidado com a qualidade do ar interno dos ambientes beneficiados, com a manutenção de condições ideais de conforto térmico e preservação da saúde dos ocupantes.

A criação de uma ferramenta com o fluxo lógico da concepção e instalação de um sistema de ar condicionado, mostrando as interações e conflitos com todas as áreas envolvidas no empreendimento, pode ser muito útil para aperfeiçoar o andamento do projeto, facilitando e instruindo projetistas, gerenciadores e responsáveis pelas demais áreas, evitando o retrabalho.

1.3 OBJETIVOS

Diante da motivação exposta anteriormente, este trabalho, além da criação de uma ferramenta que auxilie no gerenciamento de projetos de ar condicionado e da obra

como um todo, no que se refere ao sistema de ar condicionado, organizando o fluxo de interações de todas as áreas envolvidas na obra, pretende: i) criar um banco de dados com informações técnicas para serem prontamente utilizadas pelos projetistas durante a elaboração do projeto; ii) estabelecer um guia de orientações básicas para elaborações de editais na área de ar condicionado; e iii) ser um instrumento de ensino para aulas de Refrigeração e Ar Condicionado.

Este trabalho pode ser usado como referência a todos aqueles que se relacionam com o processo de desenvolvimento de projetos de ar condicionado.

Para os projetistas, este trabalho especifica critérios para a atividade a ser desenvolvida, o que auxilia na elaboração de propostas de serviços, e na organização de todas as etapas de trabalho.

Para os empreendedores, este trabalho oferece importantes recomendações a serem seguidas, como uma ferramenta de gerenciamento. Também poderão comparar propostas técnicas e comerciais de elaboração de projetos, podendo avaliá-las financeira e tecnicamente.

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TEXTO

Visando alcançar os objetivos propostos anteriormente, este trabalho está organizado seqüencialmente em dez capítulos como descritos abaixo. Do Capítulo 2 ao 8 são apresentadas as etapas do projeto de implantação do sistema de ar condicionado, baseadas na ABNT NBR 16401.

No capítulo 2 é iniciado o estudo para a concepção do projeto, onde são expostas as exigências ambientais e os dados de infra-estrutura a serem coletados. Em seguida, orienta o estudo preliminar dos possíveis sistemas a serem instalados e a estimativa da área necessária à instalação.

No capítulo 3 seguem as orientações para se definir o tipo da instalação a ser projetada. Orienta o cálculo da carga térmica e vazão de ar, e o dimensionamento e seleção preliminar de todos os componentes necessários para este sistema escolhido. No capítulo seguinte é apresentada a etapa destinada a identificar e solucionar possíveis problemas de interferência do sistema de ar condicionado com as outras áreas envolvidas na obra.

As orientações para elaboração do projeto de detalhamento de todos os componentes do sistema são dadas no Capítulo 5, enquanto no Capítulo 6 são dadas as orientações para elaboração do projeto legal do sistema de ar condicionado.

O Capítulo 7 mostra as orientações para aquisição e instalação de equipamentos e materiais, e para a contratação de serviços. Na sequência, o detalhamento da obra depois de construída, através de desenhos atualizados (conforme construído - "*as built*"), é abordado no Capítulo 8.

O Capítulo 9 apresenta as ferramentas de gerenciamento de projeto desenvolvidas. Primeiramente, o fluxograma lógico das atividades, e depois o projeto dividido em uma série de etapas ao longo do tempo, desenvolvido no MS Project.

Os comentários finais e sugestões são abordados no Capítulo 10, e por fim, seguem as Referências Bibliográficas, Anexos e Apêndices.

2 CONCEPÇÃO INICIAL DA INSTALAÇÃO

Esta etapa consiste basicamente na coleta inicial de dados e informações técnicas para iniciarem-se os estudos para implantação da obra. A ABNT NBR 13531 normatiza as etapas de Levantamento, Programa de Necessidades, Estudo de Viabilidade e Estudo Preliminar, contemplados nesta etapa, e por isso, deve ser utilizada como apoio.

A gerência do projeto, desempenhada pelo dono do empreendimento ou por um gerente contratado, será o responsável final por todas as contratações, denominado neste trabalho por “contratante”. Esta pessoa deve fornecer inicialmente ao projetista, que neste trabalho está especificamente relacionado ao projeto do sistema de ar condicionado, os itens listados a seguir:

- As plantas de situação do terreno (planta da localização da obra em escala, com medidas, orientação geográfica, detalhes das ruas, avenidas e construções do entorno, e a matrícula atualizada obtida junto à prefeitura);
- Projeto legal ou estudos de arquitetura (corresponde ao conjunto de desenhos que é encaminhado aos órgãos públicos de fiscalização da obra. Possui algumas regras próprias de apresentação, variando de cidade para cidade);
- Dados gerais do empreendimento.

De posse destas informações, o projetista deve:

- Estudar as exigências de projeto relacionadas ao consumo energético e todos os aspectos ambientais envolvidos na instalação;
- Coletar informações de infra-estrutura e condições ambientais;
- Coletar dados preliminares;
- Avaliar os sistemas viáveis de implantação;
- Pré-projetar o posicionamento dos equipamentos necessários ao projeto no espaço físico.

As informações listadas acima serão melhor discutidas nos itens de 2.1 a 2.4.

2.1 EXIGÊNCIAS DE PROJETO RELACIONADAS AO CONSUMO ENERGÉTICO E ASPECTOS AMBIENTAIS

Na última década a indústria de refrigeração e ar condicionado passou por grandes modificações devido às discussões e análises dos impactos ambientais causados pela eliminação dos CFCs (clorofluorcarbonos) e HCFCs (hidroclorofluorcarbonos). Após o Protocolo de Montreal, em 1987, o Brasil se comprometeu a cumprir o Cronograma de Redução das Substâncias que Destroem o Ozônio - SDO (*"Ozone-depleting substances – ODS"*), que pode ser encontrado no Anexo A. Por se tratar de uma lei federal, o projetista deve estar atento aos refrigerantes não permitidos. Seguindo o referido Protocolo, o projetista deve, preferencialmente, selecionar equipamentos e tecnologias que utilizem fluidos refrigerantes menos nocivos ao ambiente, levando em consideração o fator custo e a disponibilidade de equipamentos no mercado.

O projetista deve se atentar ao Decreto 4.059/2001 que regulamenta a Lei nº 10.295/2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação de Energia. Este decreto indica os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, bem como as edificações construídas, estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica, sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia.

Ainda neste Decreto, foram estabelecidas as diretrizes para a etiquetagem de eficiência energética de edificações, no Brasil. A etiqueta é concedida em dois momentos: primeiramente nesta etapa inicial de projeto e, depois de finalizada a obra, é feita a inspeção para confirmar ou modificar a etiqueta de consumo das instalações pelo IGAE (Inspeção Geral das Atividades Econômicas). Cabe ao contratante, juntamente ao projetista, avaliar a faixa de eficiência a ser objetivada no projeto, dentro das Classes A, B, C, D e E, como mostrado na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, no Anexo B.

Os equipamentos selecionados devem estar dentro da faixa de ruídos permitida para os ambientes internos da edificação, externos (vizinhança) e nas salas de máquinas, como está detalhado no Apêndice A.

O Critério de Desempenho Climático de Ciclo de Vida (*Life-Cycle Climate Performance – LCCP*), é uma ferramenta que pode auxiliar as escolhas e avaliar a performance dos equipamentos de um projeto. Este método contabiliza além dos efeitos diretos, encontrados pelo método do Impacto Total de Aquecimento Equivalente (*Total Equivalent Warming Impact – TEWI*), também todos os efeitos indiretos relacionados à fabricação, transporte, reaproveitamentos, etc. Poderia ser de muita utilidade para avaliar o ciclo de vida de equipamentos, entretanto, é um método muito criterioso e de difícil implantação, e para criar um *ranking* comparativo necessita-se de muito investimento.

2.2 INFORMAÇÕES DE INFRA-ESTRUTURA

O projetista deve coletar informações das condições da região que possam influenciar na instalação. Deve se atentar a:

- Serviços públicos de água e esgoto;
- Serviços de distribuição de gás combustível e energia elétrica – A fonte energética deve ser compatível com a potência requerida pelos equipamentos. Para alguns projetos, pode ser necessário haver o fornecimento de energia elétrica de alta tensão na localidade do empreendimento. No caso de haver gás natural canalizado na região, além do GLP disponível, cabe um estudo de viabilidade econômica para estes serem utilizados em equipamentos de queima direta.
- Tipo de ocupação – Está associada à identificação das zonas térmicas e ao regime de utilização da edificação. Também à necessidade de renovação de ar e escolha da classe de filtragem a ser utilizada no projeto, como exemplificado no Apêndice B.
- Exigências específicas das autoridades legais – Cada região possui sua legislação própria, por isso é indicado a consulta às leis municipais, estaduais

e federais referentes à implantação de projetos de ar condicionado, principalmente às restrições legais aos níveis de ruídos para o entorno da localização do empreendimento.

- Etapas de implantação do empreendimento – Muitas vezes um projeto é previsto de ser implantado em etapas (como a construção de um shopping, seguido de sucessivas ampliações com o empreendimento já em uso) e, por isso, cabe um estudo da necessidade de condicionamento inicial e em cada etapa da expansão do projeto, para, assim, não superdimensionar o sistema nas etapas iniciais. Logo, se o projeto não progredir, não haverá desperdício de recursos. Uma ferramenta sugerida é a concepção das instalações de ar condicionado em módulos.

Especificamente para o cálculo de carga térmica e conhecimento da sua distribuição em cada área, o projetista deve coletar detalhes arquitetônicos da edificação como altura entre forros, tipos de vidros e materiais, revestimentos de coberturas e paredes, leiaute (“*lay-out*”) e dissipação térmica de equipamentos, topografia, incidência solar, edificações presentes na vizinhança e condições do meio externo. Outros dados, como condição específica de temperatura, umidade relativa e pressão interna, também devem ser coletados para este cálculo.

Procurar por instalações semelhantes já existentes é uma prática aconselhável ao projetista para que possa ter uma referência inicial de trabalho. O acesso ao projeto, e também às instalações físicas de um empreendimento similar ao que deverá ser projetado, contribui para evitar falhas, aprendendo com os erros cometidos anteriormente.

2.3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS VIÁVEIS A APLICAÇÃO

A partir do levantamento preliminar da carga térmica, o projetista deve realizar um estudo comparativo entre os possíveis sistemas a serem projetados, confrontando as peculiaridades de cada sistema, como o espaço requerido para instalação,

eficiência energética, custos de manutenção e operação, simplicidade de instalação e níveis de ruído dos equipamentos.

Como orientações podem ser consultados catálogos e manuais técnicos de fornecedores dos equipamentos de ar condicionado, tabelas de desempenho energético do INMETRO e os critérios de seleção dos equipamentos principais, fornecidos pela ABNT NBR 16401, no Capítulo 8. Além disso, o conhecimento de instalações semelhantes já implantadas pode ser muito útil para nortear o andamento do projeto.

2.4 ESTIMATIVA PRELIMINAR DO ESPAÇO TÉCNICO PARA INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Após o estudo realizado no item 2.3, o projetista, de posse do sistema pré-selecionado, deve fazer uma previsão da necessidade das áreas que deverão ser utilizadas na instalação dos equipamentos, espaços técnicos para operação, manutenção e depósito de ferramentas (almoxarifado) e o peso total dos equipamentos, e informar à equipe de arquitetura e civil.

Ainda junto à equipe de arquitetura, deve começar o estudo da melhor localização dentro do imóvel para o posicionamento dos equipamentos, saídas de ventilação, pontos de acesso para manutenção e instalação. Deve informar à equipe da elétrica o fornecimento energético e a potência requerida para a instalação e à equipe da hidráulica a necessidade de abastecimento de água e pontos de drenagem.

Nesta etapa deve ser realizada uma reunião entre todas as equipes para verificar a possibilidade da instalação predefinida e esclarecer dúvidas. Ao final da reunião deve estar acordado sobre as definições e necessidades preliminares de cada área e espaços técnicos, e conflitos com as outras equipes.

Em caso de restrições encontradas que inviabilizem a instalação do sistema inicialmente predefinido, deve-se voltar ao estudo feito no item 2.3 e pré-selecionar

outro tipo de sistema que atenda às exigências especificadas. Em caso de aprovação, o projetista pode iniciar a etapa seguinte. Tudo que foi comentado, modificado e solicitado deve estar registrado em uma ata de reunião, assinada por todos os presentes.

3 DEFINIÇÃO DAS INSTALAÇÕES

Esta etapa aborda o cálculo da carga térmica e vazão de ar, a seleção dos equipamentos principais, a definição das casas de máquinas e suas dimensões e o dimensionamento das redes hidráulicas e frigoríficas.

3.1 CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA

Basicamente a carga térmica é o somatório de todas as formas de calor presentes em um ambiente. O cálculo desta carga térmica envolve a identificação das variáveis climáticas, das variáveis humanas e das variáveis arquitetônicas, conforme coletado no item 2.2, para posterior utilização no cálculo.

A ABNT NBR 16401 apresenta alguns critérios relacionados à carga térmica a serem adotados no projeto. Primeiramente, não se deve superdimensionar o sistema, o cálculo da carga térmica deve ser o mais exato possível, e, por isso, deve-se evitar o uso de fatores de segurança.

Deve-se considerar subdividir o sistema em módulos menores, no caso de grande variação de carga térmica, para aumentar a confiabilidade do sistema, pois a falha em um módulo não paralisa todo o sistema de refrigeração.

Deve-se prever sistemas independentes de refrigeração para locais que funcionem fora do horário previsto das demais áreas comuns (como salas de segurança, vigia, etc.) e, finalmente, para locais que necessitem de exigências especiais nas condições do ar, temperatura, umidade, etc., não é recomendado que seja o mesmo sistema de refrigeração das demais áreas.

Para se encontrar o valor mais próximo da carga térmica real, a abordagem é rigorosa e detalhista. Por isso é requerido o uso de computadores para realizar esse cálculo. Muitos programas de cálculo desta energia têm sido usados há muitos anos, sendo a primeira implementação que incorporou todos os elementos para

formar um método completo foi o *NBSLD (National Bureau of Standards Load Determination Program)* em 1967.

O Capítulo 18 da *ASHRAE Handbook (CHAPTER 18 - NONRESIDENTIAL COOLING AND HEATING LOAD CALCULATIONS)*, indicado pela ABNT NBR 16401, aponta dois métodos computacionais como referências para o cálculo de carga térmica, isto é, o Modelo HB (*Heat Balance*) e o Modelo RTS (*Radiant Time Series*). O Apêndice C mostra o princípio dos cálculos destes dois métodos e três programas computacionais presentes no mercado, derivados destes modelos, o *TRACE 700*, *ESTALO THERMAL DESIGN* e o *ENERGY PLUS*.

Ao final desta etapa o projetista deve entregar ao empreendedor um relatório técnico contendo as informações da carga térmica e sua distribuição em cada área do empreendimento, uma simulação em computador da carga térmica ao longo do dia e de um ano, a vazão de ar requerida e a previsão do consumo energético.

3.2 SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS

A ABNT NBR 16401 faz uma série de recomendações que favorecem a conservação e uso consciente de energia na seleção dos equipamentos que devem ser avaliadas pelo projetista. Sugere o uso de componentes de alta eficiência em qualquer carga utilizada, instalação de sistemas de controle, utilização de vazão variável de distribuição de ar e água, refrigeração por absorção e recuperação do calor rejeitado no ciclo, uso do ar externo para resfriamento no período noturno (quando as condições externas possibilitarem), termoacumulação e aproveitamento da energia solar.

O grau de confiabilidade do sistema é assegurado pela qualidade e confiabilidade dos componentes individuais, redundância de partes do sistema e instalação de componentes reservas.

Com os valores encontrados para a carga térmica anteriormente, o projetista deve iniciar a seleção de todos os equipamentos, detalhando a capacidade, consumo energético e de água, peso, tamanho, e todas as informações necessárias. Como ferramentas de auxílio, o projetista pode utilizar manuais dos fabricantes, estudo do Capítulo 7 e do Capítulo 8 da ABNT NBR 16401-1 e projetos de sistemas semelhantes já implantados.

3.2.1 INSTALAÇÕES TÍPICAS

As instalações típicas de ar condicionado podem ser divididas em dois grupos: os sistemas de expansão direta e os de expansão indireta.

O primeiro sistema possui a particularidade de o refrigerante contido numa serpentina, ao se evaporar, resfriar diretamente o ar em contato com ela. Nesse grupo estão contidos os ACJ (Ar Condicionado de Janela), *Split* (simples e *multi-split*) e *Self-contained*.

Já o segundo sistema é caracterizado pela utilização de um fluido refrigerante secundário para resfriamento do ar, em geral a água, que por sua vez é resfriada num circuito de compressão a vapor ou absorção por um chiller.

A ABNT NBR 16401 não normatiza exigências para sistemas de potência inferior a 10 TR, por isso, o ACJ e *Split* não entram no escopo deste trabalho. Os sistemas *multi-split*, *self-contained* e sistemas com presença de *chillers* serão detalhados a seguir.

A ASHRAE - *HVAC System Analysis and Selection* – sugere no seu primeiro capítulo uma ferramenta para comparar os diversos tipos de sistemas possíveis de serem instalados. Este recurso consiste basicamente de uma tabela que, para diferentes requisitos, como temperatura desejada, ciclo de vida do equipamento, custo inicial, dentre outros, dá-se notas de zero a dez. Ao final do preenchimento da tabela aquele sistema que tiver recebido o maior somatório de notas deve ser o mais viável para ser aplicado.

O Anexo C traz a tradução desta tabela - referenciada como *Table 1 Sample HVAC System Analysis and Selection Matrix (0 to 10 Score) na ASHRAE*. O projetista pode utilizar esta ferramenta como um auxílio à definição do seu sistema de projeto, devendo alterar as linhas desta tabela, colocando os requisitos que ele julgar mais pertinentes ao projeto que será implantado.

3.2.2 SISTEMAS CENTRAIS *MULTI-SPLIT*

O *Split* é um aparelho dividido em duas unidades (evaporadora e condensadora) que devem ser interligadas por tubulações de cobre por onde circulará o refrigerante. O sistema *multi-split* utiliza esta mesma idéia, porém faz uso de apenas uma unidade externa ligada a múltiplas unidades internas operando individualmente por ambiente. Esta tecnologia é conhecida pelo modelo VRV (Volume de Refrigerante Variável), conhecido também pelo termo em inglês VRF ("*Variable Refrigerant Flow*").

A instalação do sistema VRV deve seguir critérios rigorosos de qualidade e que são de aplicação geral para todos os sistemas tipo VRV:

- Armazenamento das tubulações em local livre de umidade;
- Procedimentos de brasagem com conjunto maçarico e nitrogênio passante;
- Teste de estanqueidade;
- Desidratação do ciclo, deve ser utilizada bomba de dreno e vacuômetro eletrônico;
- Carga de refrigerante - quebra de vácuo;
- Ligações elétricas de comando (conexão com cabo bipolar de dados com blindagem contra interferência eletromagnética).

Este sistema possui a capacidade de funcionar com temperaturas e velocidades de ventilação diferentes em espaços individuais, e possui mais algumas vantagens, como: vários tipos, combinações livres, poupança de energia, controlador central, tubagens de grande comprimento, dimensões compactas e fácil instalação.

Deve-se considerar na seleção da unidade externa a redução da capacidade devido ao comprimento equivalente das linhas frigoríficas, de acordo com as recomendações do fabricante. Na figura a seguir é apresentado um sistema típico multi-split do fabricante LG.

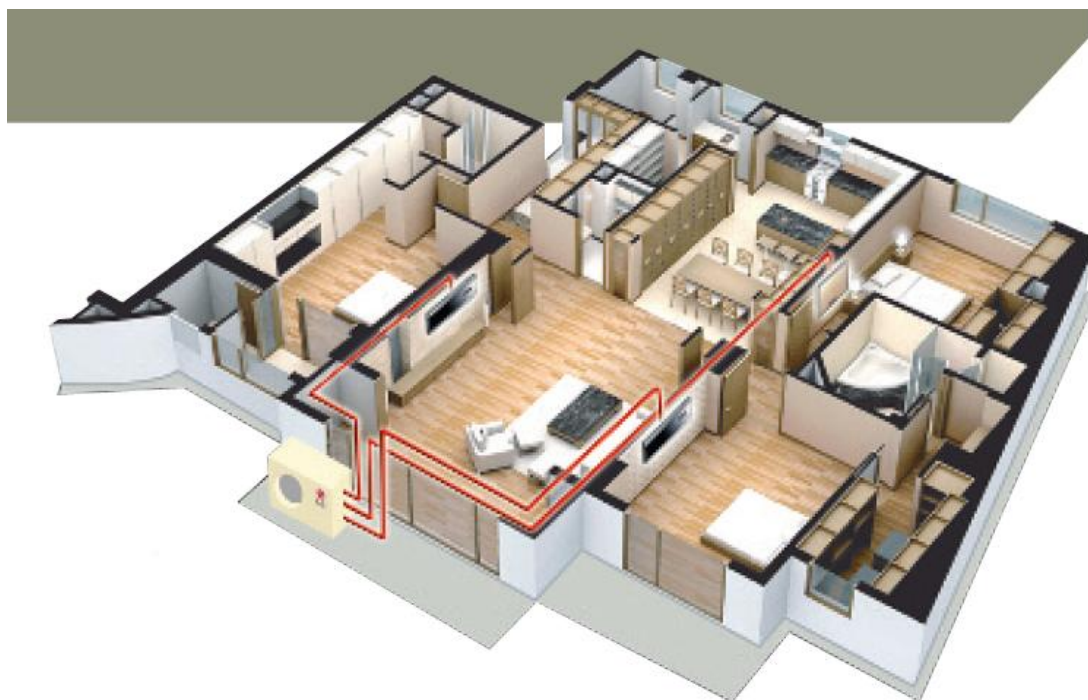


Figura 1 - Sistema central multi-split – Projeto do fabricante LG. Fonte: Fabricante LG - <http://www.lge.com/br/ar-condicionado>

3.2.2.1 SISTEMA INVERTER

Quando o sistema de ar condicionado é ativado, o compressor irá funcionar à velocidade máxima para atingir rapidamente a temperatura desejada. Uma vez alcançada essa temperatura, ao contrário dos sistemas de ar condicionado convencionais que ligam e desligam o compressor, as unidades inverter constantemente ajustam e variam a velocidade do compressor para manter a temperatura desejada com uma flutuação mínima para garantir que o seu conforto não fique comprometido.

A capacidade de um sistema inverter irá flutuar para ir de encontro às exigências do espaço a climatizar, por isso este sistema consegue ter uma eficiência energética superior à de um compressor de velocidade constante.

3.2.3 SELF-CONTAINED

Os *Self-contained* são condicionadores de ar que em seu gabinete estão contidos todos os equipamentos necessários para promover o tratamento de ar, tais como: filtragem, refrigeração, umidificação, aquecimento, desumidificação e movimentação do ar. Este ar então é distribuído através da rede de dutos para as áreas desejadas. Sua potência normalmente situa-se na faixa de 5 TR a 30 TR. Possui vantagem de ter menor custo de manutenção, fácil reposição de peças e grande versatilidade para projetos.

3.2.4 INSTALAÇÕES COM ÁGUA GELADA

As instalações com água gelada apresentam o *chiller*, máquina que tem como função resfriar um líquido, em geral a água, presente em serpentinas que resfriam o ar. Aliado ao *chiller* é comum a presença de unidades ventiladoras, conhecidas por “*fan-coil*”, responsáveis pela movimentação de ar por convecção forçada no ambiente, filtrando o fluxo de ar e introduzindo ar externo para renovação. A representação esquemática do “*fan-coil*” é apresentada na figura a seguir.

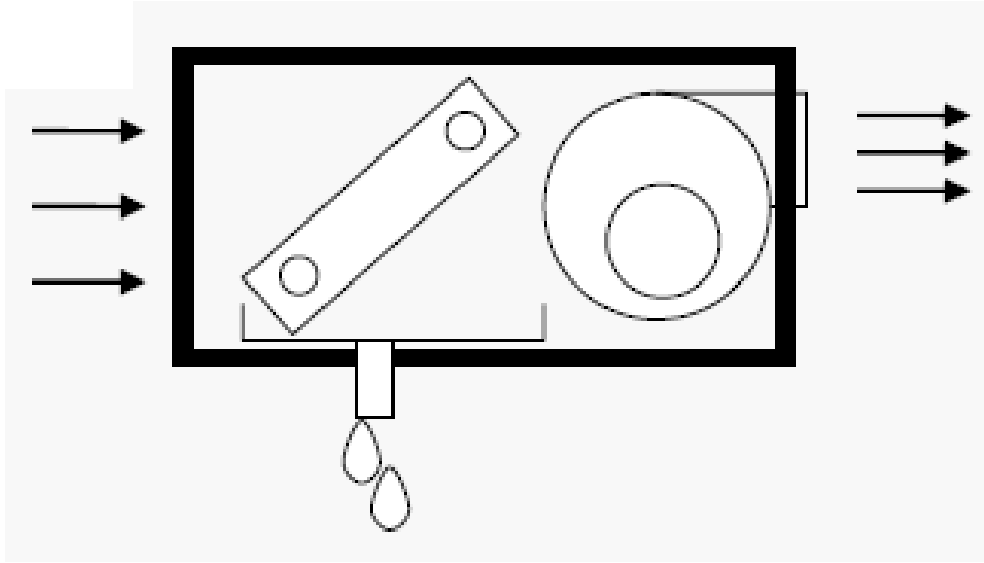


Figura 2 - Representação esquemática – *Fan-coil* - Unidade de tratamento de ar, composto por um ventilador e um trocador de calor (serpentina água-ar). Fonte: Lopes, Mauricio Nath – Sistemas de ar condicionado

Os chillers podem ser classificados em dois grupos quanto à condensação:

- *Chillers* de condensação a ar;
- *Chillers* de condensação a água.

Os *chillers* de condensação a ar funcionam com compressores alternativos, trabalhando até 400 TR. São recomendados para ambientes ventilados ou para instalação ao tempo, dispensam rede de água industrial proporcionando maior facilidade de instalação e limpeza do condensador. A figura a seguir representa o esquema desta instalação.

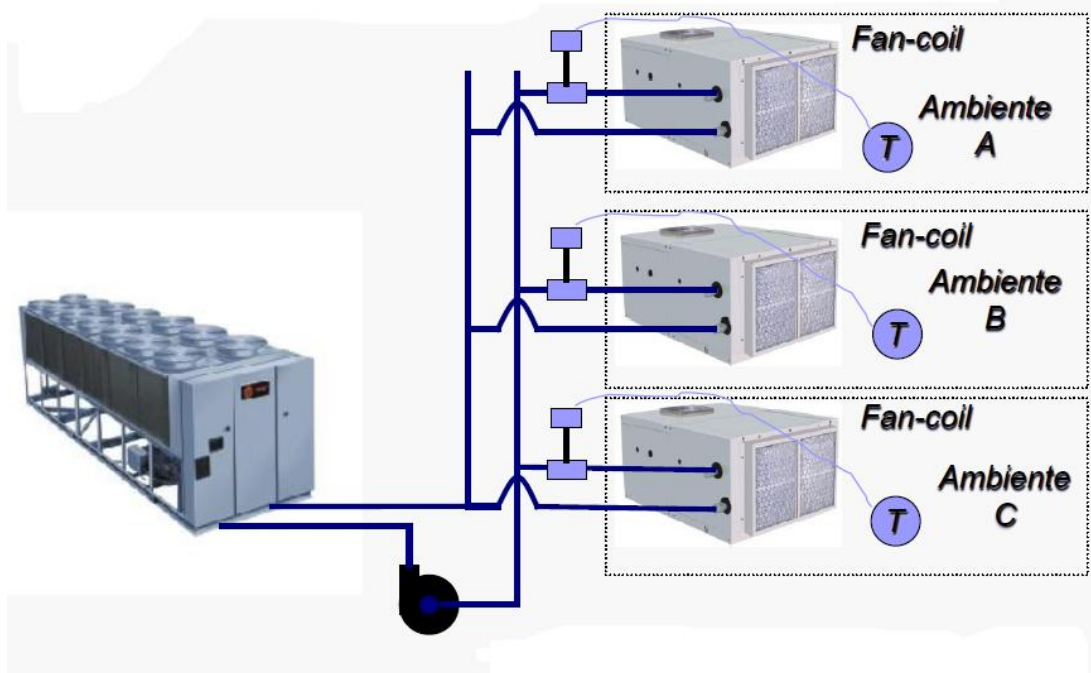


Figura 3 - Sistema com *chiller* de condensação a ar. Fonte: Lopes, Mauricio Nath – Sistemas de ar condicionado

Os *chillers* de condensação a água podem funcionar com compressor alternativo (até 280 TR), ou compressor tipo parafuso (75 até 350 TR) ou compressor centrífugo (165 até 2800 TR). Pode ser instalado dentro da fábrica, próximo ao processo atendido, pois não dissipa calor para o ambiente. Entretanto, necessita de uma rede de água industrial de *drycooler* (serpentina resfriada a ar) ou de torre de resfriamento. A figura a seguir representa o esquema desta instalação.

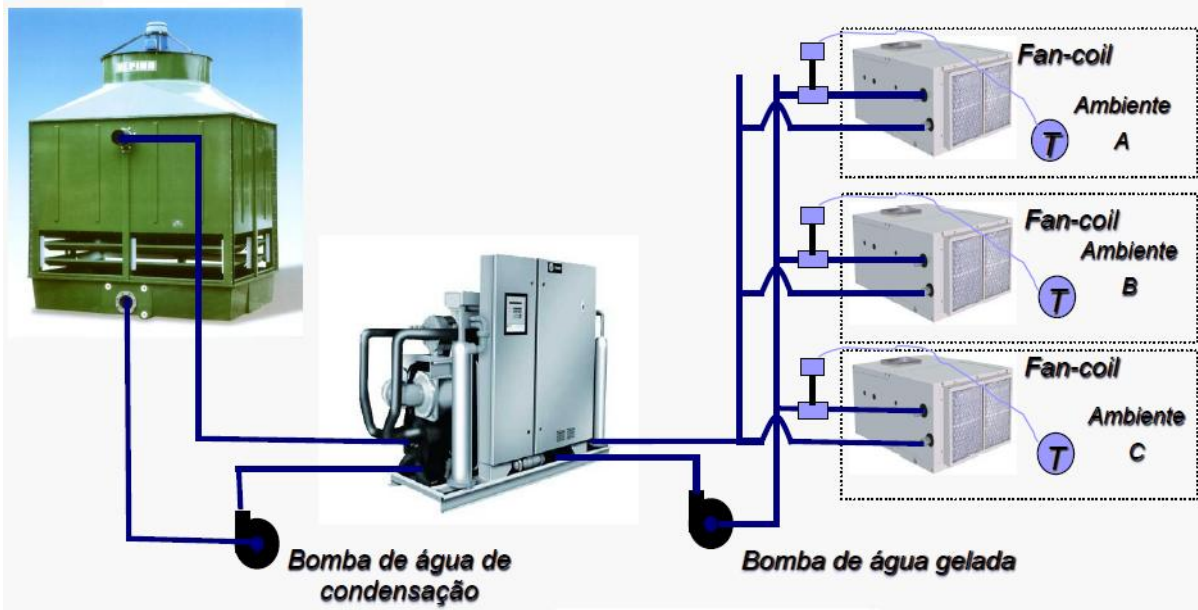


Figura 4 – Sistema com *chiller* de condensação a água. Fonte: Lopes, Mauricio Nath – Sistemas de ar condicionado

Os *chillers* também são diferenciados pelo sistema de geração do frio, podendo ser por absorção ou compressão.

No ciclo a absorção, os *chillers* produzem água gelada a partir de uma fonte de calor, utilizando uma solução salina (por exemplo, brometo de lítio) num processo termoquímico de absorção. Podem ser divididos em:

- *Chillers* de queima direta:

O calor necessário ao processo é obtido queimando diretamente um combustível, tipicamente gás natural.

- *Chillers* com suprimento indireto de calor (queima indireta):

O calor necessário é fornecido na forma de vapor de baixa pressão, água ou ar/gases quentes ou de um processo de purga quente. Utilizado para refrigeração (amônia-água) ou climatização (água-brometo de lítio).

Comparado com os *chillers* de compressão, os *chillers* de absorção necessitam de uma menor manutenção, apresentam níveis de ruído e vibração significativamente

mais baixos, são menos prejudiciais para o ambiente e consomem menos energia elétrica.

Os *chillers* podem compor uma central de água gelada ou serem independentes, a depender de inúmeros fatores, incluindo espaço disponível, previsão de expansão, limitações orçamentárias e políticas de redundância (confiabilidade). Geralmente, os sistemas de água gelada são dotados de reservatório de água interno suficiente para uma operação confiável em circuito fechado pressurizado. Existe a opção de *chillers* projetados para circuito aberto caso o cliente disponha de um reservatório externo.

O Apêndice J traz três tabelas mostrando as vantagens e desvantagens da utilização dos sistemas de água gelada, com *chillers* a compressão a água ou a ar, e pode ser utilizado para auxiliar na decisão do projetista do sistema a ser escolhido.

Complementam os sistemas de expansão indireta alguns equipamentos, como torres de resfriamento, ventiladores, bombas hidráulicas e tanques de termoacumulação, que estão detalhados nos apêndices D ao G, respectivamente.

3.3 DEFINIÇÃO DO LOCAL DAS CASAS DE MÁQUINAS E SUAS DIMENSÕES

Esta etapa deve ser realizada em conjunto entre o projetista de ar condicionado, a equipe de arquitetura e de civil, para estudar a melhor localização da casa de máquinas dentro da edificação e as dimensões dos equipamentos, verificando os espaços utilizados para instalação, manutenção, operação e acessibilidade. É fundamental para iniciar este estudo o acesso ao projeto arquitetônico atualizado.

Ao final desta etapa deve estar concluído o desenho preliminar da localização da casa de máquina no empreendimento, bem como o posicionamento dos equipamentos.

3.4 DIMENSIONAMENTO DAS REDES DE DUTOS E DEFINIÇÃO DAS PASSAGENS

Este item dispõe sobre a distribuição do ar, classe de pressão, vazamentos, ensaios, registros corta-fogo e fumaça, isolamento térmica, tratamento acústico e sobre a construção dos dutos.

3.4.1. DISTRIBUIÇÃO DO AR

O traçado dos dutos deve obedecer aos requisitos da ABNT NBR 16401-3, sendo o mais curto possível, observando as interferências estruturais e com outras instalações da construção.

A *ASHRAE Handbook Fundamentals 2005 – Cap. 35 – Duct design* – apresenta dados que relacionam o diâmetro do duto com a velocidade do ar e a perda de carga por metro linear de duto reto, além de fornecer o diâmetro equivalente de dutos, junto com uma série de singularidades como transformações, bifurcações, derivações, etc. É necessário consultar os fabricantes para obtenção de dados de dutos flexíveis e de material fibroso. Esta referência apresenta, ainda, os métodos para dimensionamento dos dutos (método de fricção constante, método de recuperação estática e método T de otimização).

Os dutos metálicos, flexíveis e de materiais fibrosos devem ser de materiais de primeira qualidade, fornecidos com certificado de origem e de ensaios estipulados nas normas aplicáveis (ABNT NBR 7008 para metálicos e *EN 13180* para flexíveis - dutos de sistemas de exaustão de fumaça e sistemas de exaustão em processos industriais devem atender às normas específicas) e ser instalados de forma a permitir sua retirada para limpeza e reinstalação, com facilidade, conforme orientação do fabricante. A utilização de dutos de materiais fibrosos possui algumas restrições descritas na norma ABNT NBR 16401-1, devem atender aos requisitos quanto à proteção contra incêndio e ser construídos de acordo com as recomendações do manual *SMACNA – Fibrous glass duct construction standards*.

3.4.2. CLASSE DE PRESSÃO

A máxima pressão interna que possa ocorrer em condições normais de operação (classe de pressão) deve ser definida no projeto e indicada nos desenhos.

3.4.3. VAZAMENTO EM DUTOS

O nível de selagem exigido e o vazamento admissível nos dutos devem ser estipulados no projeto, e depende de análise de risco, consumo de energia, custo de fabricação, montagem e controle da qualidade, possuindo classes variadas para diferentes aplicações. Todos os pontos da rede devem possuir o mesmo tratamento de selagem e devem ser levadas em conta a durabilidade do material e a possibilidade de movimento das partes seladas.

3.4.4. ENSAIOS

É recomendado que o projeto exija realização de ensaios de vazamentos, de acordo com o manual *SMACNA Air duct leakage test manual*, para verificar a condição dos dutos.

3.4.5. REGISTROS CORTA-FOGO E FUMAÇA

A instalação dos registros corta-fogo e fumaça nas interseções entre dutos, em todos os pisos, paredes e divisões, deve obedecer às recomendações da *SMACNA – Fire, smoke and radiation dampers guide for HVAC systems* e estar de acordo com as normas *UL 555*, *UL 555 S* ou *DIN 4102 – Part 6*, possuindo resistência ao fogo igual ou superior à da compartimentação protegida. Seus dispositivos de acionamento devem estar programados de acordo com a estratégia de proteção e

combate a incêndio. Todos os registros precisam ser mostrados nos desenhos, junto com suas especificações.

3.4.6. ISOLAÇÃO TÉRMICA

Os dutos devem ser isolados termicamente para reduzir ganhos ou perdas de calor do ar conduzido, e evitar a condensação em sua superfície, observando requisitos de proteção contra incêndio e não contendo gás CFC ou substâncias nocivas ao meio ambiente.

3.4.7. TRATAMENTO ACÚSTICO

O cálculo do nível sonoro da rede de dutos nos recintos é necessário, considerando suas características acústicas, a potência sonora do ventilador e a atenuação sonora natural ao longo dos ramais. Na *ASHRAE Handbook Fundamentals 2005 – Cap. 7 – Sound and vibration* – é mostrado um método para efetuar este cálculo. O Apêndice A traz mais informações sobre os níveis de ruídos.

3.4.8. CONSTRUÇÃO DOS DUTOS

A empresa instaladora dos dutos é responsável pelo projeto de detalhamento e deve obedecer às especificações de projeto. A espessura da chapa, o tipo e dimensionamento das emendas, das juntas transversais, dos reforços e suportes devem seguir as recomendações do manual *SMACNA – HVAC duct construction Standards*. O Anexo B desta norma apresenta os dutos mais usuais.

3.5 DIMENSIONAMENTO DAS REDES HIDRÁULICAS E FRIGORÍFICAS, BEM COMO DAS PASSAGENS

Este item expõe as exigências para as instalações de água gelada, água quente e água de condensação, projeto da rede hidráulica, isolamento térmica, linhas frigoríficas e representação gráfica dos esquemas de todo o projeto.

3.5.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA GELADA, ÁGUA QUENTE E ÁGUA DE CONDENSAÇÃO

Para o dimensionamento da rede hidráulica da instalação de ar condicionado, deve-se adotar um coeficiente de perda de carga por fricção no tubo reto e um limite para a velocidade da água. A *ASHRAE Handbook Fundamentals 2005 - Cap. 36 – Piping design* apresenta a relação do diâmetro do tubo com a velocidade da água e perda de carga.

Perdas de carga nas válvulas e singularidades, e perdas nos trocadores de calor devem ser calculadas, para que o projetista selecione parâmetros cujo custo da rede e consumo de energia estejam equilibrados. O material das tubulações deve ser selecionado pelo projetista e atender às normas estipuladas pelo mesmo, bem como às condições de pressão e temperatura do projeto.

No caso de solução de água e anti-congelante, deve-se levar em conta a viscosidade e a massa específica. Também é necessário considerar um fator de diversificação (no dimensionamento da bomba) e de alocação da vazão de água (nos principais troncos e ramais) nos sistemas com controle em vazão de água variável. O diferencial de temperatura nos trocadores de calor é inversamente proporcional à vazão de água, custo da tubulação e potência de bombeamento.

O projetista deve adotar um diferencial de acordo com cada trocador, a fim de obter a maior economia possível, tendo em mente que os limites de velocidade da água dependem do custo das tubulações, da erosão e do ruído. Para tubulações que contenham água em circuitos abertos, não se deve permitir que esta água

permaneça parada por mais de sete dias, para evitar proliferação de microorganismos.

Depois de finalizado, o dimensionamento deve ser revisado, com o auxílio de um programa de computador especializado, para reduzir a perda de carga do sistema, por meio do aumento de diâmetro de alguns trechos, avaliar os trocadores com alta perda de carga no circuito crítico e equilibrar a perda de carga nos ramais, buscando o aumento da velocidade em locais próximos à bomba. Dessa forma, o desempenho do sistema é melhorado além de economizar energia ou custo da instalação.

3.5.2 PROJETO DA REDE HIDRÁULICA

O projeto da rede hidráulica deve apresentar os pontos e dispositivos para as medições, ajustes e balanceamento. Para evitar a transmissão de vibrações do equipamento para a tubulação é necessário interligá-los por conexões flexíveis, assim como prever maneiras de isolar partes da rede para reparos e de facilitar o acesso aos equipamentos cujas válvulas de controle são conectadas. Utilizando juntas de expansão e ancoragem, o projetista precisa compensar a dilatação da tubulação em trechos longos ou que conduzem água quente, e, no caso de circuito fechado, instalar no máximo um tanque de compensação (expansão) por sistema para acomodar a água dilatada. Ainda no projeto, deve ser apresentada a necessidade de implantação de sistema de tratamento de água, feito por especialista, bem como a elaboração dos detalhes de execução das tubulações, de responsabilidade da empresa instaladora. Se o projetista julgar necessário instalar umidificador, o mesmo deve estar de acordo com a ABNT NBR 16401-3.

3.5.3 ISOLAÇÃO TÉRMICA

As tubulações devem ser isoladas termicamente para reduzir perdas de calor e evitar a condensação superficial, utilizando um material cuja condutividade térmica, espessura e trechos isolados devem ser mostrados nos desenhos do projeto,

observando requisitos de proteção contra incêndio e não contendo gás CFC ou substâncias nocivas ao meio ambiente.

Os materiais mais comumente empregados nesta aplicação são o poliestireno (isopor) e a borracha elastomérica. O fabricante Polipex deste tipo de borracha garante excelente resistência a fungos e parasitas, resistência ao fogo, resistência aos agentes atmosféricos, redução de ruídos, odor neutro, resistência à difusão de vapor de água. Segue a norma DIN 1988/7 para combate à corrosão e possui pH neutro.

As principais características do poliestireno são a facilidade de processamento por moldagem a quente, baixo custo, elevada resistência a soluções alcalinas e ácidas, baixa densidade e absorção de umidade. Também possui baixa resistência a solventes orgânicos, calor e intempéries.

3.5.4 LINHAS FRIGORÍFICAS

A instalação das linhas frigoríficas que ligam unidades internas e externas dos sistemas *split*, incluindo dimensionamento de tubulações, comprimentos, desníveis, isolamento e carga de refrigerante, deve ser feita de acordo com o fabricante. Para outros tipos de interligações, é recomendado seguir as informações da *ASHRAE Handbook Refrigeration 2006 - Cap. 2 – System practices for halocarbon refrigerants*.

3.6 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS ESQUEMAS DE TODO O PROJETO

A representação gráfica de todas as instalações, envolvendo todas as áreas e equipes atuantes no projeto da edificação, sejam elas elétricas, hidráulicas, arquitetônicas, civis, etc., é de fundamental importância para se identificar eventuais interferências entre os diferentes projetos.

Esta é a última etapa de definição das instalações. Ao final desta fase todas as definições acordadas no item 3.3, no item 3.4 e no item 3.5 devem estar representadas em planta.

De posse de todos os desenhos técnicos, incluindo o projeto das instalações elétricas, devem ser verificadas, em reunião com todas as áreas, as interferências. Em caso de restrições físicas ao projeto, o projetista deve voltar e refazer o estudo do item 3.3, do item 3.4 e do item 3.5, ou apenas daquele que apresentou conflito com outras áreas.

Em uma nova reunião, caso o sistema escolhido não se adéqüe novamente às exigências acordadas entre as equipes, o projetista pode alterar o tipo de sistema retornando ao item 2.4, uma vez que esta etapa ainda trata de informações preliminares.

Tudo que foi comentado, modificado e solicitado deve estar registrado em uma ata de reunião, assinada por todos os presentes.

4 IDENTIFICAÇÃO E SOLUÇÃO DE INTERFACES

Esta etapa busca a definição de todas as instalações e a representação das informações técnicas, solucionando as interferências entre as áreas envolvidas no projeto.

O contratante deve complementar e atualizar os dados fornecidos na etapa anterior, como qualquer mudança prevista na planta e *layout* de ocupação. Deve fornecer as plantas de forros com posicionamento de luminárias, e no caso de vários pavimentos, fornecer a estrutura de todos.

Todos os itens da etapa anterior devem ser revisados e consolidados, concretizando todos os cálculos. Em reunião técnica, devem ser definidas as soluções de compatibilização com todos os elementos da edificação e outras instalações que entraram em conflito físico nas etapas anteriores. Tudo que foi comentado, modificado e solicitado deve estar registrado em uma ata de reunião, assinada por todos os presentes.

Ao final desta etapa, a representação gráfica dos esquemas de todo o projeto deve estar finalizada. O projetista de ar condicionado deve representar na planta a rede de dutos e posicionamento de grelhas e difusores de ar.

5 PROJETO DE DETALHAMENTO

Esta etapa é destinada a consolidar e detalhar o projeto adotado. É necessária a complementação ou atualização dos dados gerais do empreendimento fornecidos, bem como o acesso a todos os comentários e mudanças nos desenhos na etapa anterior.

Esta etapa corresponde às etapas de “Projeto Básico” e “Projeto de Execução”, conforme a ABNT NBR 13531 orienta:

- 1- Projeto Básico - Etapa opcional destinada à concepção e à representação das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, ainda não completas ou definitivas, mas consideradas compatíveis com os projetos básicos das atividades técnicas necessárias e suficientes à licitação (contratação) dos serviços de obra correspondentes.
- 2- Projeto de Execução – Etapa destinada à concepção e à representação final das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, completas, definitivas, necessárias e suficientes à licitação (contratação) e à execução dos serviços de obra correspondentes.

São necessários para esta etapa as plantas e cortes definitivos de arquitetura e de “*lay-out*” de ocupação, as plantas de forros com posicionamento das luminárias, as formas definitivas da estrutura de todos os pavimentos e os dados sobre infraestrutura das instalações elétricas e hidráulicas.

O detalhamento da distribuição de fluidos térmicos, a distribuição de ar, o controle, a alimentação e o comando elétrico devem ser especificados pelo projetista de ar condicionado.

Uma reunião técnica entre todas as equipes para definição do projeto deve ser realizada, e tudo que foi comentado, modificado e solicitado deve estar registrado em uma ata de reunião, assinada por todos os presentes

5.1 DESENHOS DAS REDES HIDRÁULICAS E DAS INSTALAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE AR

O projetista deve fornecer todos os desenhos técnicos das redes hidráulicas e de distribuição de ar em plantas e cortes, mostrando claramente os detalhes dos seguintes pontos:

- Áreas técnicas e base de assentamento;
- Espaços reservados para passagem das instalações;
- Espaçamentos para operação e manutenção;
- Detalhes construtivos;
- Suplementação da infra-estrutura: energia elétrica, gás, combustível, água e esgoto;
- Controle de estoque e almoxarifado;
- Fluxograma: ar, fluido e redes frigoríficas;
- Detalhamento do sistema de controle: Lógico e físico;
- Descritivo funcional e referências normativas dependentes da rede elétrica e segurança relacionado às instalações;
- Especificações gerais de equipamentos, indicando as características técnicas exigidas (capacidade, características construtivas, condições operacionais);
- Especificações gerais de componentes e materiais, indicando as características exigidas e as normas e padrões a serem obedecidos;
- Resumo dos cálculos de carga térmica;
- Memorial descritivo contendo a descrição geral das instalações, justificativas das soluções adotadas, serviços e responsabilidades a cargo da empresa instaladora e do contratante.

5.2 ELABORAÇÃO DE EDITAIS PARA EQUIPAMENTOS E MATERIAIS E DE CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS

Esta etapa é destinada a elaborar as especificações técnicas dos equipamentos e materiais das instalações. Também é dedicada a elaboração das especificações

para a contratação da empresa instaladora e da empresa de testes e balanceamento.

A documentação fornecida nas etapas anteriores deve conter todos os elementos necessários para que o projetista possa elaborar o edital especificando e quantificando os equipamentos e materiais que serão utilizados na execução do projeto, bem como os serviços que serão realizados.

O edital tem por finalidade fixar as condições necessárias à participação dos licitantes, ao desenvolvimento da licitação e à futura contratação, além de estabelecer um elo entre a administração e os licitantes. Deve ser claro, preciso e fácil de ser consultado. Cabe ao edital disciplinar prazos, atos, instruções relativas a recursos e impugnações, informações pertinentes ao objeto e aos procedimentos, além de outras que se façam necessárias à realização da licitação.

6 PROJETO LEGAL

Esta etapa é destinada à representação das informações técnicas necessárias à análise e aprovação pelas autoridades competentes da concepção da edificação e de seus elementos de instalações, com base nas exigências legais (municipal, estadual, federal), e à obtenção do alvará ou das licenças e demais documentos indispensáveis para as atividades de construção.

O projetista de ar condicionado deve fornecer todas as informações técnicas relacionadas ao projeto elaborado, para que o gerenciador do empreendimento anexe juntamente com as informações das demais áreas, elaborando um documento com todas as informações da obra necessárias para análise e aprovação das autoridades competentes, baseados nas exigências da ABNT NBR 13531 – Elaboração de projetos e edificações – Atividades técnicas.

As exigências de formatação do projeto variam de acordo com a localidade da obra e devem ser consultadas antes da elaboração. O Projeto Legal final deve ser entregue à Prefeitura e ao Corpo de Bombeiros.

7 AQUISIÇÃO E INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS, E CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS

Este item aborda as etapas de contratação de serviços e compra de materiais, o planejamento da instalação, seguido da execução dos serviços de instalação.

7.1 CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS E COMPRA DE MATERIAIS

Esta etapa engloba a contratação da empresa instaladora e da empresa de testes e balanceamento, seguindo às exigências do edital de contratação elaborado no Item 5.2.

Também corresponde a fase de aquisição, montagem, ensaios e testes finais de todos os componentes necessários para a instalação do sistema de ar condicionado. A licitação dos equipamentos e materiais deve ser feita pela tomada de preços no mercado dos diferentes componentes necessários à instalação, seguindo as especificações técnicas dos equipamentos e materiais elaboradas no item 5.2.

7.2 PLANEJAMENTO DA INSTALAÇÃO DE AR CONDICIONADO

Uma reunião entre todas as áreas deve ser realizada para se definir o cronograma das obras, para que não haja conflito na utilização dos espaços.

Após a compra dos equipamentos e materiais, o recebimento e armazenamento devem estar contemplados no cronograma. Deve-se reservar um espaço adequado de depósito, mantendo a integridade destes. Atentar-se para a logística, considerando fatores como mobilidade, transporte, proximidade, segurança, prazo de fornecimento, entre outros.

Tudo que foi comentado, modificado e solicitado deve estar registrado em uma ata de reunião, assinada por todos os presentes.

7.3 INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO

O planejamento desta etapa deve ser realizado em conjunto entre o projetista de ar condicionado e a empresa instaladora. É opcional a contratação de um consultor especializado na instalação de sistemas de ar condicionado. Em reunião, estes devem elaborar o cronograma específico para a instalação de ar condicionado.

A contratação das equipes de operação e manutenção é aconselhável, para que estas acompanhem a fase de instalação, testes, ajustes finais e balanceamento do sistema.

As etapas seguintes são de responsabilidade da empresa instaladora, e devem ter a seguinte ordem:

- 1) Iniciar a montagem;
- 2) Efetuar ajustes necessários, aprovados pelo projetista, devido a eventuais interferências no momento da montagem;
- 3) Detalhar, no desenho de projeto, os ajustes efetuados no item anterior;
- 4) Fornecer:
 - a. Manual de operação e manutenção da instalação especificando fabricante, modelo, tipo, número de série, características elétricas, curvas características, dados de operação e certificados de garantia dos equipamentos.
 - b. Recomendações operacionais (funcionamento e desligamento) e esquemas elétricos de controle do sistema.
 - c. Recomendações de calibração dos instrumentos de medição.
 - d. Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) dos equipamentos.

Os testes, ajustes finais e balanceamento do sistema e de suas partes deve ser feito pela empresa especializada, contratada para esta atividade. Deve realizar todos os

ensaios , ajustes e balanceamento de todo o sistema de ar condicionado, incluindo os resultados encontrados na documentação final da instalação.

Depois de todos os testes devidamente realizados e documentados, a empresa instaladora deve colocar o sistema em perfeito funcionamento.

8 DETALHAMENTO DE OBRA E DESENHOS ‘CONFORME CONSTRUÍDO’

A empresa instaladora assume total responsabilidade de informar as características dimensionais e construtivas dos equipamentos efetivamente utilizados e todos os detalhes construtivos e padrões de fabricação, bem como qualquer modificação de projeto (civil, arquitetura, elétrico, mecânico, etc.) que tenha sido feita na etapa da instalação e por fim, fornecer ao contratante todos os “*as built*” (levantamento das medidas das instalações depois de construídas/montadas, transformadas em desenhos técnicos).

É fundamental que o contratante tenha em mãos o manual de operação e manutenção de todos os equipamentos incluídos na instalação, especificando fabricante, modelo, tipo, número de série, características elétricas, curvas características, dados da operação, recomendações operacionais (funcionamento e desligamento), esquemas elétricos de controle, certificados de garantia e recomendações de calibração dos instrumentos de medição.

O contratante é o responsável por todos os ajustes finais, ensaios e balanceamento do sistema, que devem ser anexados no relatório final.

9 FERRAMENTAS DE AUXÍLIO

De posse de todas as informações detalhadas no corpo deste trabalho, foram desenvolvidas duas ferramentas para auxiliarem a gestão do projeto de um sistema de ar condicionado. Um fluxograma, contendo todas as etapas do processo e os pontos de tomadas de decisões, é apresentado no Apêndice I, e estas etapas desenvolvidas na linha do tempo na interface do *MS Project* estão no Apêndice J.

O PMBOK define o fluxograma como uma representação gráfica de um processo que mostra as relações entre as suas etapas e o mecanismo de causalidade. Os fluxogramas de processos mostram as atividades, os pontos de decisão e a ordem de processamento.

Durante o planejamento, o fluxograma pode ajudar a equipe do projeto a prever os problemas que podem ocorrer, podendo resultar no desenvolvimento de procedimentos de teste ou abordagens para lidar com esses problemas em potencial. Podem auxiliar no controle e acompanhamento, determinando as etapas do processo que não estão em conformidade e identificar oportunidades potenciais de melhoria do processo.

O *MS Project* é um dos mais modernos aplicativos voltados para o gerenciamento de projetos. Através da linha do tempo montada com todas as etapas do projeto é possível planejar as atividades, recursos e custos, de forma simples e completa, e especificar, implantar e acompanhar o desenvolvimento do projeto.

Os intervalos de tempo para cada etapa no *MS Project* devem ser alterados para entrarem em conformidade com o planejamento do projetista e das equipes envolvidas nas obras. Os intervalos expostos no esquema deste trabalho são apenas para efeito de demonstração.

10 COMENTÁRIOS FINAIS E SUGESTÕES

Este trabalho abordou todas as etapas de um projeto de sistema de ar condicionado, baseado na norma ABNT NBR 16401, detalhando os processos de iniciação, planejamento, execução, monitoramento, controle e encerramento, permitindo, através das ferramentas desenvolvidas e o material de apoio, o gerenciamento disciplinado do projeto.

As ferramentas desenvolvidas possibilitam a definição do ponto focal para coordenação, controle e comunicação de cada etapa. Permitem acompanhar e avaliar o progresso das atividades, aumentando o controle gerencial. Ajudam a aumentar a confiança no trabalho que está sendo realizado, evitando surpresas, antecipando situações desfavoráveis. Possibilitam agilizar decisões e fornecem a rede de interações das áreas envolvidas, expandindo a comunicação entre os interessados.

Ao final deste trabalho, chegou-se a uma estrutura de um guia para instalação de projetos de sistemas de ar condicionado, que pode ser complementado com muitos elementos. Para trabalhos futuros recomenda-se o enriquecimento das etapas com informações de experiências reais de projetos, do comissionamento, operação e instalação. A elaboração de quadros comparativos entre os diversos sistemas possíveis de ar condicionado, apontando vantagens e desvantagens de cada um. A inclusão de mais informações sobre os equipamentos, com especificações de diferentes fabricantes, bem como estimativas de custos de aquisição dos equipamentos, acessórios e serviços. Também, a criação de uma ferramenta que adapte este trabalho para uma “*work station*” que auxilie diretamente o trabalho dos envolvidos, unido a um banco de dados de informações e programas computacionais.

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE Handbook Fundamentals 2005 - Cap. 7 – Sound and vibration. American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc. – Atlanta, GA.

ASHRAE Handbook Fundamentals 2005 - Cap. 35 – Duct design. American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc. – Atlanta, GA.

ASHRAE Handbook Fundamentals 2005 - Cap. 36 – Piping design. American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc. – Atlanta, GA.

ASHRAE Handbook Fundamentals 2009 – Cap 18 - Nonresidential Cooling And Heating Load Calculations. American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc. – Atlanta, GA.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico, Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531**: Elaboração de projetos e edificações. Atividades técnicas, Rio de Janeiro, 1995.

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

BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978 -**NR 15**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.

ESTALO. **Produtos: Estalo Thermal Design**. Santa Catarina. Disponível em: < <http://www.estalo.com.br/site/>>. Acesso em 21 set. 2012

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental. **Padrões e Classificação da Qualidade do Ar**. Disponível em: <www.fepam.rs.gov.br>. Acesso em 3 out. 2012.

INMAR, Caldeiras Industriais e Marítimas Ltda. **Serviços: Torres de Resfriamento**. São Paulo. Disponível em: <<http://inmar.com.br/torre/servicost.html>>. Acesso em 16 fev. 2013.

KARASHIMA, Thiago Machado. **Avaliação de Diferentes Ferramentas para o Cálculo de Carga Térmica e sua Aplicação na Análise Energética de Edifícios**. 2006. Monografia – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília.

KORPER. **Produtos: Torres de Resfriamento**: Disponível em: <http://www.korper.com.br/produtos_cat.php?categoria=Torres%20de%20Resfriamento>. Acesso em 16 fev. 2013.

PEIXOTO, Roberto de Aguiar. Impacto Ambiental de Refrigerantes em Sistemas de Refrigeração e AC. **Consultoria Ambiental**. Disponível em: <http://www.consultoriaambiental.com.br/artigos/impacto_ambiental_de_refrigerantes_em_sistemas_de_refrigeracao_e_ac.pdf>. São Paulo. Acesso em 10 set. 2012.

PROCEL - Programa Nacional De Conservação De Energia Elétrica. CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Etiquetagem em Edificações**. Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={89E211C6-61C2-499A-A791-DACD33A348F3}>>. Acesso em 11 set. 2012.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge** – PMBOK® Guide 2000 Edition, Pennsylvania-USA, 2000.

PROTOCOLO DE MONTREAL. **Proteção da Camada de Ozônio**. Disponível em: <www.protocolodemontreal.org.br>. Acesso em 2 out. 2012.

SMACNA 2003 – TAB procedural guide. Sheet metal and air conditioning contractors' association Inc. – Lafayette center drive, Chantilly, VA.

TEIXEIRA, Plínio Santos. PIMENTA, João Manoel Dias. **Hidrocarbonetos como Fluidos Refrigerantes: Estado da Arte**. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Mecânica, Laboratório de Refrigeração e Ar Condicionado, Brasília. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/54975882/FLUIDOS-REFRIGERANTES>>. Acesso em 11 set. 2012.

THERMOAMBIENTAL. Sistemas Centrais de Ar Condicionado. **Termoacumulação**. São Paulo. Disponível em <<http://www.thermoambiental.com.br/termoacumulacao/termoacumulacao.php>>. Acesso em 16 fev. 2013.

ANEXO A – PROTOCOLO DE MONTREAL: CRONOGRAMA DE REDUÇÃO DAS SDO

Países Artigo 5 (Brasil)	
Anexo A	
Grupo 1: CFC 11, 12, 113, 114, 115	Ano base: média de 1995-1997 Congelamento: 10 de julho de 1999 Redução de 100%: 10 de janeiro de 2010 (com possível exceção para uso essencial) Redução de 85%: 10 de janeiro de 2007 Redução de 50%: 10 de janeiro de 2005
Grupo 2: Halons 1211, 1301 e 2402	Ano base: média de 1995-1997 Congelamento: 10 de janeiro de 2002 Redução de 100%: 10 de janeiro de 2010 (com possível exceção para uso essencial) Redução de 50%: 10 de janeiro de 2005
Anexo B	
Grupo 1: outros compostos Halogenados	Ano base: média 1998-2000 Redução de 20%: 10 de janeiro de 2003 Redução de 85%: 10 de janeiro de 2007 Redução de 100%: 10 de janeiro de 2010
Grupo 2: tetracloroeto de Carbono	Ano base: média 1998-2000 Redução de 85%: 10 de janeiro de 2005 Redução de 100%: 10 de janeiro de 2010 (com possível exceção para usos essenciais)
Grupo 3: metil clorofórmio	Ano base: média de 1998-2000 Congelamento: 10 de janeiro de 2003 Redução de 30%: 10 de janeiro de 2005 Redução de 70%: 10 de janeiro de 2010 Redução de 100%: 10 de janeiro de 2015 (com possível exceção para usos essenciais)
Anexo C	
Grupo 1: HCFC consumo	Ano base: 2015 Congelamento: 10 de janeiro de 2016 Redução de 100%: 10 de janeiro de 2040
Grupo 1: HCFC produção	Ano base: média da produção e consumo em 2015 Congelamento: 10 de janeiro de 2016, com nível base para produção.
Grupo 2: HBFCs	Redução de 100%: 10 de janeiro de 2002 (com possíveis exceções para usos essenciais)
Grupo 3: bromoclorometano	Redução de 100%: 10 de janeiro de 2002 (com possíveis exceções para usos essenciais)
Anexo D	
Grupo 1: brometo de metila	Ano base: média 1995-1998 Congelamento: 10 de janeiro de 2016 Redução de 100%: 10 de janeiro de 2040

ANEXO B – ETIQUETA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

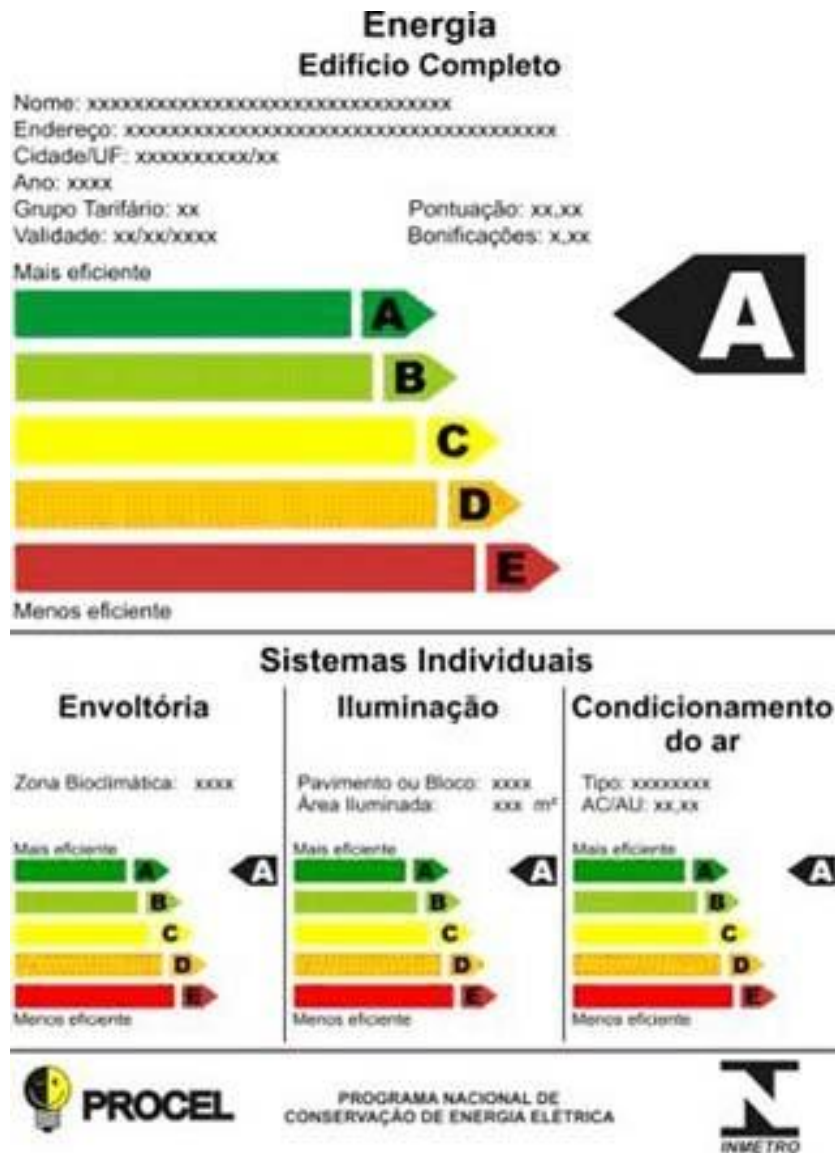


Figura 5 – Etiqueta nacional de conservação de energia. Fonte: ANEEL, WWW.aneel.gov.br

ANEXO C – MATRIZ DE ANÁLISE E SELEÇÃO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO

Tabela x - Exemplo de Matriz de Análise e Seleção de Sistemas HVAC (Pontuação de 0 A 10)				
Objetivo: Fornecer e instalar um sistema de ar condicionado que possua controle de temperatura moderada, controle de umidade mínima, em um orçamento operacional de 220 kW/m2 por ano.				
Categorias	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Observações
1- Critérios para seleção: <ul style="list-style-type: none"> • 25.6 °C de temperatura do espaço com variação de $\pm 1,7$ K durante o ciclo, com 40% RH e $\pm 5\%$ UR durante o resfriamento. • 20 ° C de temperatura do espaço com ± 1 K, com 20% de umidade relativa e variação de $\pm 5\%$ UR durante estação de aquecimento. • Custo inicial. • Ciclo de vida do equipamento. 				
2. Fatores importantes: <ul style="list-style-type: none"> • Espaço de escritório a ser refrigerado. • Regime individual de utilização do inquilino. 				
3. Outros objetivos: <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de controle de fumaça. • Taxas de ventilação, segundo a ASHRAE Standard 62,1. • Controle digital direto. 				
4. Restrições do sistema: <ul style="list-style-type: none"> • Nenhum equipamento no primeiro andar. • Nenhum equipamento em terreno adjacente à construção. 				
5. Outras restrições: <ul style="list-style-type: none"> • No perímetro da sala de equipamentos não é permitido uso de qualquer tubulação que emita radiação. 				
Pontuação Total				

Tabela 1 - Exemplo de Matriz de Análise e Seleção de Sistemas HVAC. Fonte: *Table 1 Sample HVAC System Analysis and Selection Matrix (0 to 10 Score) na ASHRAE.* (Tradução)

APÊNDICE A – NÍVEIS DE RUÍDO

Os ruídos produzidos por um sistema de ar condicionado devem ser analisados em relação aos ambientes internos da edificação, ambientes externos (vizinhança) e dentro das salas de máquina. Cada uma destas situações é norteadas por uma norma regulamentadora diferente.

A ABNT NBR 10152 especifica as exigências para níveis de ruídos na vizinhança da edificação, enquanto para ruídos em ambientes internos às edificações devem ser seguidas as orientações da ABNT NBR 10151. As tabelas de níveis de ruído máximo para essas duas situações estão apresentadas na Tabela 2 e na Tabela 3, respectivamente.

A NR-15 limita o nível sonoro para os ruídos nas salas de máquinas, conforme exigência do Ministério do Trabalho. A Tabela 4, na seqüência, indica o tempo de permanência máximo que uma pessoa pode ficar exposta a um ruído, como no caso de manutenção na casa de máquinas.

O projetista deve estar atento a cada uma destas normas, para que todas sejam atendidas concomitantemente. Também, para casos de haver algum regulamento e/ou legislação específica para níveis de ruídos na região das obras, devem sempre prevalecer as exigências mais restritivas.

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Tabela 2 - Níveis de Ruídos – Ambientes Externos. Fonte: Tabela 1 - ABNT NBR 10152

Locais	dB(A)	NC
Hospitais		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35 - 45	30 - 40
Laboratórios, Áreas para uso do público	40 - 50	35 - 45
Serviços	45 - 55	40 - 50
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 - 45	30 - 40
Salas de aula, Laboratórios	40 - 50	35 - 45
Circulação	45 - 55	40 - 50
Hotéis		
Apartamentos	35 - 45	30 - 40
Restaurantes, Salas de Estar	40 - 50	35 - 45
Portaria, Recepção, Circulação	45 - 55	40 - 50
Residências		
Dormitórios	35 - 45	30 - 40
Salas de estar	40 - 50	35 - 45
Auditórios		
Salas de concertos, Teatros	30 - 40	25 - 30
Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35 - 45	30 - 35
Restaurantes	40 - 50	35 - 45
Escritórios		
Salas de reunião	30 - 40	25 - 35
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35 - 45	30 - 40
Salas de computadores	45 - 65	40 - 60
Salas de mecanografia	50 - 60	45 - 55
Igrejas e Templos (Cultos meditativos)	40 - 50	35 - 45
Locais para esporte		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 - 60	40 - 55

Notas: a) O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade.

b) Níveis superiores aos estabelecidos nesta Tabela são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de dano à saúde (ver Nota g do Capítulo 1).

Tabela 3 – Níveis de Ruído – Ambientes Internos. Fonte: Tabela 1 – ABNT NBR 10151

NÍVEL DE RUÍDO DB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Tabela 4 – Níveis de Ruído – Exposição ao ruído contínuo. Fonte: Anexo 1 – NR 15 / Ministério do Trabalho

APÊNDICE B – RENOVAÇÃO DO AR E CLASSE DE FILTRAGEM







DADOS PRELIMINARES

Inicialmente o projetista deve avaliar a qualidade do ar exterior da localidade onde será instalado o equipamento para iniciar o estudo de quais filtros deverão ser utilizados, e o local mais adequado de sucção do ar exterior.

Uma ferramenta matemática foi desenvolvida no Canadá e EUA como forma de simplificar os resultados obtidos da qualidade do ar. O Índice de Qualidade do Ar (IQAr) é obtido calculando-se um índice para cada poluente analisado (partículas totais em suspensão, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, ozônio e monóxido de carbono) e por meio de uma função linear é obtido um número adimensional individual que permite a comparação com os níveis exigidos legalmente para cada poluente, como pode ser visto na Tabela 5. Para classificar a qualidade do ar no geral, utiliza-se a maior concentração dentre os seis poluentes analisados, como observado na Tabela 6.







No Brasil, os padrões legais foram estabelecidos pelo IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente) e aprovados pelo CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), por meio da Resolução CONAMA 03/90.

O IQAr é divulgado diariamente para cada estação da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar, e pode ser utilizado pelo projetista para obtenção dos dados necessários ao projeto.

ÍNDICE DA QUALIDADE DO AR (IQAr)								
Qualidade	Índice	Níveis de Cautela sobre a Saúde	PTS (µg/m ³)	PM10 (µg/m ³)	SO2 (µg/m ³)	NO2 (µg/m ³)	CO (PPm)	O3 (µg/m ³)
 Boa	0-50		0-80	0-50	0-80	0-100	0-4,5	0-80
 Regular	51-100		81-240	51-150	81-365	101-320	4,6-9,0	81-160
 Inadequada	101-199	* Insalubre para Grupos Sensíveis	241-375*	151-250*	366-586* 587-800	321-1130*	9,1-12,4* 12,5-15,0	161-322* 323-400
 Má	200-299	Muito Insalubre	376-625	251-350 351-420*	801-1600	1131-2260	15,1-30	401-800
 Péssima	300-399	Perigoso	626-875	421-500	1601-2100	2261-3000	30,1-40	801-1000
 Crítica	Acima de 400	Muito Perigoso	> 876	> 500	> 2100	> 3000	> 40	> 1001

Os índices, até a classificação REGULAR, atendem aos Padrões de Qualidade do Ar, estabelecido pela Resolução CONAMA 03 de 28/06/1990.

Tabela 5 – Índice da Qualidade do Ar. Fonte: www.fepam.rs.gov.br

PADRÕES E CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DO AR		
Qualidade	Índice	Padrões de Qualidade do Ar* - CONAMA
 Boa	0-50	Abaixo dos Padrões de Qualidade > 1
 Regular	51-100	Abaixo dos Padrões de Qualidade > 2
 Inadequada	101-200	Acima dos Padrões de Qualidade
 Má	201-300	Acima do Nível de Atenção
 Péssima	301-400	Acima do Nível de Alerta
 Crítica	Acima de 400	Acima do Nível de Emergência

* Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/1990.
 > 1 Atende ao padrão primário anual
 > 2 Atende aos padrões primários de qualidade

Tabela 6 – Padrões e Classificação da Qualidade do Ar. Fonte: www.fepam.rs.gov.br

A ABNT NBR 16401-3 define vazões mínimas de ar exterior, níveis de filtragem e requisitos técnicos dos sistemas e componentes de modo a obter uma qualidade de ar interior aceitável para conforto, especificando alguns parâmetros básicos a serem apresentados a seguir.

CONDIÇÕES GERAIS DE RENOVAÇÃO COM AR EXTERIOR

Para controle da qualidade do ar interior, o sistema de ar condicionado efetua a renovação por ar exterior, a qual reduz a concentração de poluentes gasosos que não são retidos nos filtros e utiliza a filtragem, a qual serve para reduzir a

concentração de poluentes do ambiente trazidos pelo ar exterior e gerados internamente.

De maneira sistêmica, o sistema de ar condicionado garante a qualidade do ar por meio da interação das zonas primária, secundária e terciária. Para tal, é preciso conservar e manter o rendimento dos equipamentos, além de um padrão de higiene nas instalações, por meio da manutenção do sistema.

VENTILAÇÃO

A ABNT NBR 16401-3 estipula uma vazão mínima de ar exterior, a qual independe de capacidade ou tipo de instalação, e as dimensiona de acordo com os poluentes previstos em condições normais de utilização dos ambientes, para promover a renovação do ar interior em nível aceitável de poluentes.

QUALIDADE DO AR EXTERIOR

Distâncias mínimas da captação de ar exterior para fontes poluidoras devem ser respeitadas, como mostra a tabela 7. Caso esta distância não possa ser respeitada, é necessário que o projetista e o contratante avalie a melhor opção de instalação de dispositivos para eliminar os poluentes do ar de renovação, cuja vazão é estipulada pela ANSI/ASHRAE 62.1

A ABNT NBR 16401-3 define todas as vazões de ar por meio de fórmulas. Para o cálculo das mesmas, utiliza-se as tabelas 7, 8 e 9. São elas:

VAZÃO EFICAZ

$$V_{ef} = P_z * F_p + A_z * F_a$$

Onde:

V_{ef} é a vazão eficaz de ar exterior, expressa em litros por segundo (L/s);

F_p é a vazão por pessoa, expressa em litros por segundo (L/s* pessoa);

F_a é a vazão por área útil ocupada (L/s* m²);

P_z é o número máximo de pessoas na zona de ventilação;

A_z é a área útil ocupada pelas pessoas, expressa em metros quadrados (m²).

Local	D pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m ² ^a
		F _p L/s* pess.	F _a L/s*m ²	F _p L/s* pess .	F _a L/s*m ²	F _p L/s* pess	F _a L/s*m ²	
Comércio varejista								
Supermercado de alto padrão	8	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Supermercado de padrão médio	10	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Supermercado popular	12	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Mall de centros comerciais	40	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Lojas (exceto abaixo)	15	3,8	0,6	4,8	0,8	5,7	0,9	--
Salão de beleza e/ou barbearia ^b	25	10	0,6	12,5	0,8	15,0	0,9	--
Animais de estimação ^b	10	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	4,5
Lavanderia “self-service”	20	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Edifícios de escritórios								
Hall do edifício, recepção	10	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritórios de diretoria	6	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com baixa densidade	11	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com média densidade	14	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com alta densidade	20	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Sala de reunião	50	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
CPD (exceto impressoras)	4	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Sala impressoras, copiadoras	--	--	--	--	--	--	--	2,5
Sala digitação	60	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
“Call center”	60	3,8	0,6	4,8	0,8	5,7	0,9	--
Bancos								
Bancos (área do público)	41	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Caixa forte	5	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--

Tabela 7 – Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação. FONTE: ABNT NBR 16401-3.

Adaptada da ANSI/ASHRAE 62.1:2004 (PARTE 1 - 1/3)

Local	D pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m ² a
		F _p L/s* pess.	F _a L/s* m ²	F _p L/s* pess.	F _a L/s* m ²	F _p L/s* pess.	F _a L/s* m ²	
Edifícios públicos								
Aeroporto – saguão ^c	15	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Aeroporto – sala de embarque ^c	100	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Biblioteca	10	2,5	0,6	3,5	0,8	3,8	0,9	--
Museu, galeria de arte ^d	40	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Local de culto	120	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Legislativo – plenário	50	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório – lobby	150	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório e platéia	150	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório – palco	70	5	0,3	6,3	0,4	7,5	0,5	--
Tribunal – sala de audiências	70	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Esportes								
Boliche – área do público	40	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Ginásio coberto (área do público)	150	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Ginásio coberto (quadra)	--	--	0,3	--	0,4	--	0,5	--
Piscina coberta ^e	--	--	2,4	--	3,0	--	3,6	2,5
“Fitness center” – aeróbica	40	10	0,3	12,5	0,4	15,0	0,5	--
“Fitness center” – aparelhos	10	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Estabelecimentos de ensino								
Sala de aula	35	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Laboratório de informática	25	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Laboratório de ciências	25	5	0,9	6,3	1,1	7,5	1,4	5,0
Hotéis								
Apartamento de hóspedes	.	5,5	--	6,9	--	10,3	--	--
Banheiro privativo	--	--	--	--	--	--	--	2,5/unid.
Lobby, sala de estar	30	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Sala de convenções	120	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Dormitório coletivo	20	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Restaurantes, bares, diversão								
Restaurante – salão de refeições	70	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Bar, salão de coquetel	100	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Cafeteria, lanchonete, refeitório	100	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Salão de jogos	120	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Discoteca, danceteria	100	10,0	0,3	12,5	0,4	15,0	0,5	--
Jogos eletrônicos	20	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--

Tabela 7 – Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação. FONTE: ABNT NBR 16401-3. Adaptada da ANSI/ASHRAE 62.1:2004. (CONTINUAÇÃO- 2/3)

Local	D pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m ^{2 a}
		F _p L/s*pe ^{ss} .	F _a L/s*m ²	F _p L/s*pe ^{ss} .	F _a L/s*m ²	F _p L/s*pe ^{ss} .	F _a L/s*m ²	
Locais diversos								
Câmara escura	--	--	--	--	--	--	--	5,0
Copa	--	--	--	--	--	--	--	1,5
Sala exclusiva para fumar ^f	--	--	--	--	--	--	--	9,0
Sanitários públicos	--	--	--	--	--	--	--	35 / bacia
Vestiários coletivos	--	--	--	--	--	--	--	2,5
<p>Legenda</p> <p>Nível 1 - Nível mínimo vazão de ar exterior para ventilação.</p> <p>Nível 2 - Nível intermediário da vazão de ar exterior para ventilação.</p> <p>Nível 3 - Vazões ar exterior para ventilação que segundo estudos existem evidências de redução de reclamações e manifestações alérgicas</p> <p>F_p - Fração do ar exterior relacionada às pessoas (L/s*pe^{ss}oa)</p> <p>F_a - Fração do ar exterior relacionada ao recinto (L/s*m²)</p> <p>D - Densidade de ocupação esperada, referida à área útil ocupada (pessoas/100 m²)</p> <p>NOTA 1 A aplicação desta Tabela está condicionada à obediência a todos os demais requisitos desta parte da ABNT NBR 16401.</p> <p>NOTA 2 O nível (1,2 ou 3) de ar externo a ser utilizado no projeto deve ser definido entre o projetista e o cliente.</p> <p>NOTA 3 As vazões de ar exterior estipuladas são baseadas na proibição de fumar nos recintos (exceto local reservado).</p> <p>NOTA 4 Ar exterior com densidade do ar 1,2 kg/ m³ (a vazão deve ser corrigida para a densidade efetiva).</p> <p>^a O ar de reposição para a exaustão pode ser proveniente de recintos vizinhos.</p> <p>^b Não recircular para outros recintos.</p> <p>^c Tratamento especial do ar exterior pode ser necessário para remover odores ou vapores nocivos.</p> <p>^d Tratamento especial do ar exterior pode ser necessário para remover elementos prejudiciais às obras de arte.</p> <p>^e A vazão estipulada não contempla controle de umidade. Pode ser necessário aumentar a vazão ou instalar um sistema de desumidificação.</p> <p>^f Não há valores estabelecidos da vazão de ar exterior necessária para diluir a fumaça de tabaco a níveis aceitáveis. A vazão de exaustão estipulada visa apenas evitar uma concentração excessiva de fumaça no recinto e a sua propagação para recintos vizinhos.</p>								

Tabela 7 – Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação. FONTE: ABNT NBR 16401-3. Adaptada da ANSI/ASHRAE 62.1:2004. (CONTINUAÇÃO 3/3)

VAZÃO A SER SUPRIDA NA ZONA DE VENTILAÇÃO

$$V_z = \frac{V_{ef}}{E_z}$$

onde:

V_z é a vazão de ar exterior a ser suprida na zona de ventilação;

E_z é a eficiência da distribuição de ar na zona.

Configuração da distribuição de ar	E_z
Insuflação de ar frio pelo forro	1,0
Insuflação de ar quente pelo forro e retorno pelo piso	1,0
Insuflação de ar quente pelo forro, 8°C ou mais acima da temperatura do espaço e retorno pelo forro	0,8
Insuflação de ar quente pelo forro a menos de 8°C acima da temperatura do espaço pelo forro, desde que o jato de ar insuflado alcance uma distância de 1,4 m do piso à velocidade de 0,8 m/s	1,0
Insuflação de ar frio pelo piso e retorno pelo forro, desde que o jato de ar insuflado alcance uma distância de 1,4 m ou mais do piso à velocidade de 0,8 m/s	1,0
Insuflação de ar frio pelo piso, com fluxo de deslocamento a baixa velocidade e estratificação térmica, e retorno pelo forro	1,2
Insuflação de ar quente pelo piso e retorno pelo piso	1,0
Insuflação de ar quente pelo piso e retorno pelo forro	0,7
Ar de reposição suprido do lado oposto à exaustão ou ao retorno	0,8
Ar de reposição suprido à proximidade da exaustão ou do retorno	0,5

Tabela 8 – Configuração da distribuição de ar nas zonas de ventilação. FONTE: ANSI/ASHRAE 62.1:2004.

VAZÃO DE AR EXTERIOR A SER SUPRIDA PELO SISTEMA

SISTEMA COM ZONA DE VENTILAÇÃO ÚNICA

$$V_s = V_z$$

SISTEMA COM ZONA MÚLTIPLAS SUPRINDO 100% DE AR EXTERIOR

$$V_s = \sum V_z$$

SISTEMA COM ZONAS MÚLTIPLAS SUPRINDO MISTURA DE AR EXTERIOR E AR RECIRCULADO

$$V_s = \frac{\left[D * \sum (P_z * F_p) + \sum (A_z * F_a) \right]}{E_v}$$

Onde:

D é o fator de diversidade de ocupação (que corrige somente a fração do ar exterior relacionada às pessoas), definido como:

$$D = \frac{P_s}{\sum P_z}$$

sendo:

P_s o total de pessoas simultaneamente presentes nos locais servidos pelo sistema;

$\sum P_z$ a soma das pessoas previstas em cada zona;

E_v a eficiência do sistema de ventilação em suprir a vazão eficaz de ar exterior requerida em cada zona de ventilação.

E_v determinado em função da zona que apresenta o maior fator Z_{ae} , definido pela equação:

$$Z_{ae} = \frac{V_z}{V_t}$$

sendo:

Z_{ae} calculado de entre todas as zonas do sistema;

V_z a vazão de ar exterior requerida na zona de ventilação;

V_t a vazão total insuflada na zona. Para sistemas VAV, V_t é valor mínimo de projeto desta vazão.

Z_{ae} máx.	E_v
$\leq 0,15$	1,0
$\leq 0,25$	0,9
$\leq 0,35$	0,8
$\leq 0,45$	0,7
$\leq 0,55$	0,6

NOTA 1 Z_{ae} máx é o maior valor calculado de Z_{ae} entre todas as zonas do sistema.

NOTA 2 Para valores intermediários de Z_{ae} , os valores de E_v podem ser interpolados.

NOTA 3 Os valores de E_v são baseados num valor médio de 0,15 para a fração de ar exterior do sistema em relação ao total insuflado.

NOTA 4 Esta Tabela não é aplicável a valores de Z_{ae} máx superiores a 0,55.

Tabela 9 – Eficiência da distribuição de ar nas zonas de ventilação. FONTE: ANSI/ASHRAE 62.1:2004.

Tipo de filtros	Classe	Eficiência gravimétrica média	Eficiência média para partículas de 0,4 μm
		E_g %	E_f %
Grossos	G 1	50 E_g 65	---
	G 2	65 E_g 80	---
	G 3	80 E_g 90	---
	G 4	90 E_g	---
Finos	F 5	---	40 E_f 60
	F 6	---	60 E_f 80
	F 7	---	80 E_f 90
	F 8	---	90 E_f 95
	F 9	---	95 E_f

Tabela 10 – Classificação de filtros de partículas. FONTE: EN 779:2002.

FILTRAGEM

Com o objetivo de reduzir a concentração de poluentes nos equipamentos e dutos do sistema, além de permitir apenas níveis aceitáveis no recinto, o material particulado oriundo do ar exterior deve ser filtrado pelo o sistema de ar condicionado. Os filtros são classificados de acordo com a EN 779, após ensaios realizados por laboratório devidamente aparelhado. As classes de filtros e suas eficiências são mostradas na Tabela 9.

NÍVEIS DE FILTRAGEM

Níveis de filtragem são estipulados pela tabela 10, observando que, sistemas de conforto com unidades de tratamento de ar que não comportem tais filtros e com unidades de janela permitem a instalação de filtros G3, desde que o ar exterior seja suprido por sistema complementar de pré filtragem. No caso de aplicações especiais, deve-se adequar de acordo com normas específicas. A instalação destes filtros devem ser a montante das serpentinas de troca de calor e, se houver filtros de segundo estágio, estes devem ser instalados após a descarga das unidades de tratamento de ar. A vazão dos filtros recomendada para economia operacional é 10% a 15% abaixo da nominal, e a classe destes dispositivos deve estar na placa de identificação dos condicionadores.

Aplicação típica	Classe
Supermercado, <i>mall</i> de centros comerciais, agências bancárias e de correios, lojas comerciais e de serviços	G4
Escritórios, sala de reunião, CPD, sala de digitação, <i>call center</i> , consultórios	F5
Aeroporto – saguão, salas de embarque	F5
Aeroporto - torre de controle	G3 + F6
Biblioteca, museu – áreas do público	F5
Biblioteca, museu – exposição e depósito de obras sensíveis	G3 + F8
Hotéis 3 estrelas ou mais - apartamentos, <i>lobby</i> , salas de estar, salões de convenções	F5
Hotéis - outros, motéis - apartamentos	G4
Teatro, cinema, auditório, locais de culto, sala de aula	F5
Lanchonete, cafeteria	G4
Restaurante, bar, salão de coquetel, discoteca, danceteria, salão de festas, salão de jogos	F5
Ginásio (áreas do público), <i>fitness center</i> , boliche, jogos eletrônicos	G4
Centrais telefônicas – sala de comutação	G3 + F6
Residências	G3
Sala de controle – ambiente eletrônico sensível	G3 + F6
Impressão – litografia, <i>offset</i>	G3 + F7
Impressão - processamento de filmes	G3 + F8

Tabela 11 – Classe mínima de filtragem. FONTE: ABNT NBR 16401-3.

PRÉ-FILTRAGEM DO AR EXTERIOR

Quando o ar exterior é admitido em sala que serve de *plenum* de mistura para o condicionador ou suprido por dutos a partir de um ventilador central, é necessário instalar um pré-filtro junto à veneziana de captação de ar. Quando não há conexão de entrada, as unidades de tratamento de ar precisam possuir sistemas separados para suprir o ar exterior, que deve ser conduzido por dutos ao local mais próximo da entrada de retorno, e não diretamente na unidade. Recomenda-se resfriar e desumidificar o ar para reduzir a carga de condensados.

REQUISITOS DE PROJETO E EXECUÇÃO RELATIVOS À QUALIDADE DO AR

TOMADA DE AR EXTERIOR

O sentido dos ventos e a propagação de poluentes devem ser observados para o melhor posicionamento da captação do ar exterior, feita obrigatoriamente na parte externa da edificação, respeitando as distâncias da Tabela 6, e possuindo ponto para instalação de dispositivo de verificação rápida e confiável da vazão de ar. Além disso, a tomada de ar deve estar protegida contra insetos, pássaros, intempéries, etc.

Os dutos instalados para o suprimento de ar exterior não podem ser utilizados por outro sistema, deve ser de fácil limpeza, com o mínimo de material particulado e sem pontos de umidade. No caso de edificação que possua passa-duto, prioriza-se a captação na parte superior.

Entrada de garagens estacionamentos ou “drive-in”	5 m
Docas de carga e descarga estacionamento de ônibus	7,5 m
Estradas, ruas com pouco movimento	1,5 m
Estradas, ruas com tráfego pesado	7,5 m
Telhados, lajes, jardins ou outra superfície horizontal	1,5 m
Depósitos de lixo e área de colocação de caçambas	5 m
Locais reservados a fumantes (fumódromos)	4 m
Torres de resfriamento	10 m

Tabela 12 – Distância mínima de possíveis fontes de poluição. FONTE: ABNT NBR 16401-3.

SALAS DE MÁQUINAS DE EQUIPAMENTOS E TRATAMENTO DE AR

O projeto das salas de máquinas de equipamentos de tratamento de ar deve estar adequado com algumas exigências como possuir fácil acesso para instalação, manutenção e operação, com espaço mínimo de 0,7 m ao redor dos equipamentos, ponto de água, dreno, tomada elétrica de serviço, pisos, os quais recebem o dreno de condensado, impermeabilizados cujo ralo seja sifonado com selo hídrico, acabamento não poroso de cores claras e evitar que materiais depositados na superfície do forro sejam transferidos para seu interior. A iluminação mínima, proteção contra quedas e contra projeção de materiais devem estar de acordo com as normas ABNT NBR 5413, NR18 e NR 8, respectivamente, além de ser necessário

respeitar a NR 10 e ABNT NBR 5410 no que diz respeito ao risco de descargas elétricas por instalação de equipamentos inadequados. Para salas utilizadas como *plenum* de mistura e como *plenum* de retorno, é preciso instalar dispositivos de controle de vazão na tomada de ar exterior e possuir construção estanque, respectivamente. As unidades de tratamento de ar que situarem-se entre o forro e o telhado devem possuir caixa *plenum* de mistura do ar exterior e retorno, cujas entradas possuam dispositivos de controle de vazão.

REQUISITOS DE MANUTENÇÃO RELATIVOS À QUALIDADE DO AR

As atividades de manutenção, executadas de acordo com a ABNT NBR 13971, ABNT NBR 14679 e obedecendo à Portaria GM/MS nº 3523, devem ser planejadas com cuidado, aplicando conceitos de engenharia de manutenção, para manter o funcionamento mecânico e elétrico das instalações e garantir a qualidade do ar interior, assegurando o cumprimento do Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) exigido na portaria citada acima. De posse das informações do fabricante, o projetista ou instalador devem inserir, no plano de manutenção e operação, os parâmetros de funcionamento de cada equipamento do sistema e a vazão de ar exterior de cada condicionador da sala de máquinas. O manual de operação e manutenção da instalação deve estar acessível ao mantenedor.

APÊNDICE C – CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA – PROGRAMAS COMPUTACIONAIS

Este Apêndice apresenta os dois modelos computacionais indicados pela ASHRAE como referência para o cálculo da carga térmica de edificações, e em seguida três exemplos de programas computacionais presentes no mercado, baseados nestes modelos indicados pela ASHRAE. São apresentados na seguinte ordem:

1. MODELO *HB* (HEAT BALANCE)
2. MODELO *RTS* (RADIANT TIME SERIES)
3. *TRACE 700*
4. *ESTALO THERMAL DESIGN*
5. *ENERGY PLUS*

1. MODELO HB (*HEAT BALANCE*)

O princípio que forma a base para esse método é: ‘a estimativa da carga térmica é o cálculo da ação da condução, convecção e radiação de uma superfície para outra superfície em um determinado ambiente, bem como do equilíbrio convectivo do ar para este local’.

Este método tem como principal vantagem o fato de não conter parâmetros arbitrariamente definidos, assim, todos os processos são analisados. O método HB é codificado no *software* chamado Hbfort que acompanha o livro *Cooling and Heating Load Calculation Principles* (Pedersen et al. 1998).

Todos os procedimentos de cálculo envolvem algum tipo de modelagem e requerem hipóteses simplificadoras e, portanto, são aproximados. A suposição fundamental é que o ar na zona térmica pode ser modelado como uniforme e homogêneo, significando que a sua temperatura é uniforme em toda a zona.

O Projeto de Pesquisa RP-664 (Fisher e Pedersen 1997) da ASHRAE estabeleceu que este pressuposto é válido sobre uma ampla gama de condições. A suposição

principal é que as superfícies da sala (paredes, janelas, pisos, etc.) podem ser tratadas como tendo:

- Temperaturas uniformes nas superfícies;
- Ondas longas (*Long Waves* - *LW*) e ondas curtas (*Short Waves* - *SW*) de irradiação uniforme;
- Superfícies difusas radiantes;
- Condução de calor unidimensional no interior do ambiente.

Nota-se que os pressupostos, embora comuns, são bastante restritivos e definem certos limites sobre as informações que podem ser obtidas a partir do modelo. Dentro do âmbito das hipóteses, o HB pode ser visto como quatro processos distintos:

1. Balanço de calor externo;
2. Processo de condução de paredes;
3. Balanço de calor interno;
4. Equilíbrio térmico do ar.

A figura a seguir mostra a relação entre estes processos para uma superfície opaca simples. O processo para superfícies transparentes é semelhante, mas o componente solar absorvido aparece no processo de condução, ao invés de vir diretamente do meio exterior, e o componente absorvido se divide em frações interior e exterior.

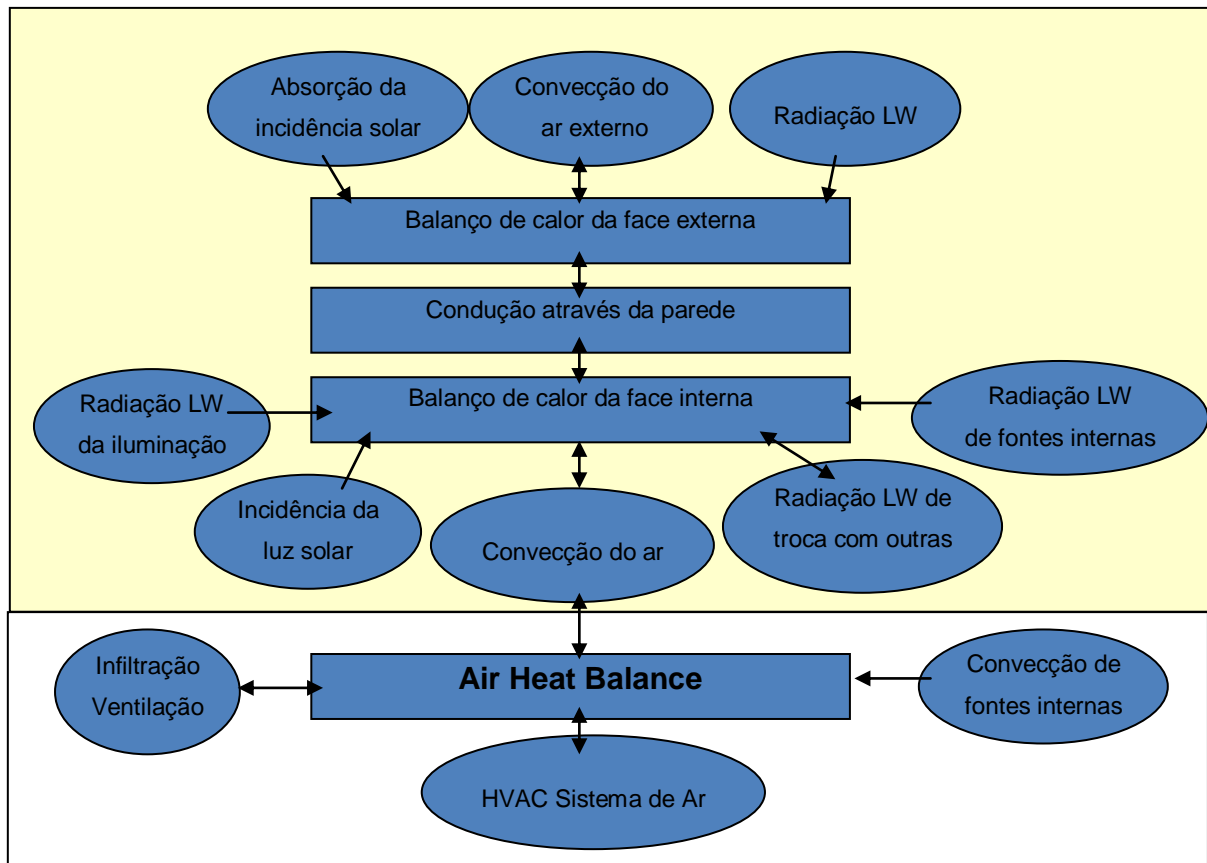


Figura 6 – Balanço de energia para o cálculo da carga térmica para uma superfície opaca simples -
 Fonte: ASHRAE Handbook (CHAPTER 18 - NONRESIDENTIAL COOLING AND HEATING LOAD CALCULATIONS – TRADUÇÃO)

TROCA DE RADIAÇÃO ENTRE AS SUPERFÍCIES DA ZONA

As limitações para casos de modelagem interna da radiação *LW* são:

1. O ar é completamente transparente para a radiação *LW*;
2. O ar absorve completamente a radiação *LW* das superfícies.

A maioria dos modelos HB trata o ar como completamente transparente e não participam da troca de radiação *LW* entre as superfícies na zona.

Para comprovar a eficácia do Método HB, o projeto de pesquisa RP-1117 da ASHRAE construiu duas salas de modelo para que as cargas de refrigeração fossem fisicamente medidas utilizando instrumentação precisa. Com essa experiência constatou-se que os cálculos deste método se aproximavam das medidas das

cargas de refrigeração, quando utilizado com dados detalhados para as salas de ensaio.

2. MODELO RTS (*RADIANT TIME SERIES*)

O RTS é um método simplificado pra calcular a carga térmica e é derivado do Método HB. Esse método foi desenvolvido para oferecer um cálculo mais rigoroso, ainda que não exija cálculos iterativos e seja quantificado por cada componente da distribuição de calor. É desejável para inspecionar e comparar os coeficientes de diferentes construções e zonas típicas. Isto faz com que o RTS seja um método mais simples de se utilizar.

Os projetos de cargas de refrigeração são baseados na suposição de condições periódicas estáveis, como o clima do dia e variação de calor cíclica na região. Assim, o ganho de calor de determinado componente para uma hora é o mesmo que o calculado para 24 horas antes, para 48 horas antes, e assim por diante. Essa suposição é base para a modelagem do método RTS.

Paredes e telhados conduzem calor devido à diferença de temperatura interna e externa. Além disso, a energia solar na superfície externa é absorvida e depois transferida por convecção para o interior. Devido à massa e a capacidade térmica dos materiais da parede ou do telhado, há um atraso para o calor externo ser transformado em ganho de calor interno.

Como é sabido, o ganho de energia se dá pela combinação de convecção e radiação. A parte convectiva imediatamente se torna ganho de carga térmica enquanto a parte da radiação precisa de um tempo para que isso aconteça.

O organograma a seguir nos dá uma visão geral do processo. Ao calcular radiação solar, ganho de calor através da transmissão pelas janelas e pela infiltração, o RTS é exatamente igual aos métodos mais simples. Entretanto, há fatores que o diferem dos outros:

- Cálculo do ganho de calor por convecção;

- A divisão dos ganhos de calor em porções de radiação e convecção;
- Conversão do ganho de calor por radiação em carga térmica.

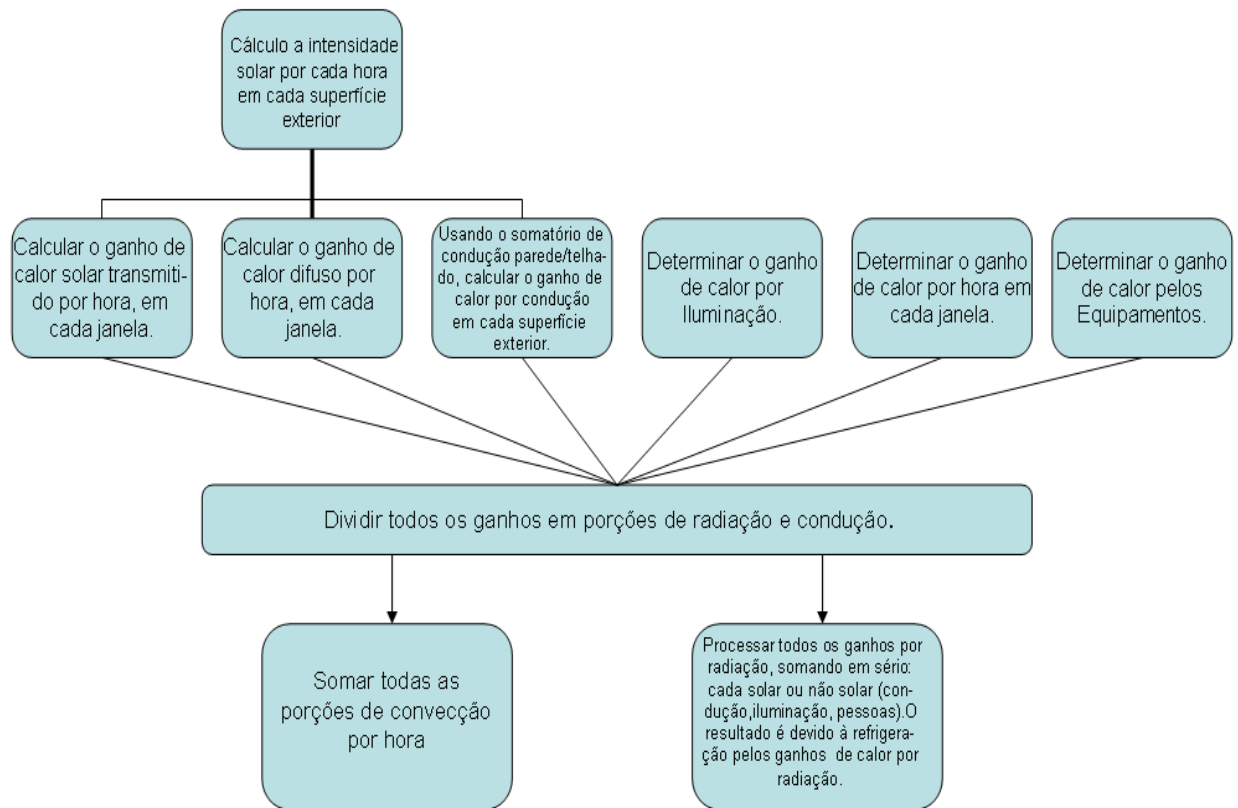


Figura 7 – Organograma geral do método RTS. Fonte: ASHRAE Handbook (CHAPTER 18 - NONRESIDENTIAL COOLING AND HEATING LOAD CALCULATIONS – Tradução)

O procedimento geral para o cálculo de carga térmica para cada componente (luzes, pessoas, paredes, tetos, janelas, aparelhos, etc.) com RTS é como se segue:

1. Calcular por 24 h o perfil dos ganhos de calor de cada componente por condução;
2. Dividir o ganho de calor em parte radiante e convectiva;
3. Aplicar a apropriada série para a parte radiante para explicar atraso de tempo na conversão da carga térmica;
4. Soma da parte convectiva com a parte 'atrasada' da radiação para determinar o ganho por hora de cada componente.

Depois de calcular, deve-se somar todas as cargas para saber a carga térmica por hora de todos os componentes, selecionando assim as horas de pico para o projeto

do ar condicionado. O processo deve ser repetido por meses, para a determinação correta dos picos, que podem variar em função das estações do ano, por exemplo.

O ganho de calor através das superfícies exteriores opacas é derivado dos mesmos elementos de radiação solar e gradiente térmico como para áreas de infiltração. Difere basicamente em função da massa e da natureza da construção das paredes e dos telhados porque esses elementos afetam a taxa de transferência de calor.

TRACE 700

TRACE TM é uma ferramenta de projeto e análise, que ajuda os profissionais de HVCA (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) a otimizar o projeto de aquecimento, ventilação e sistema de ar condicionado de um edifício baseado na utilização de energia e no custo de ciclo de vida. Introduzido em 1972, o programa foi o primeiro de seu tipo e rapidamente se tornou um padrão da indústria.

Durante a fase de planejamento de um projeto de construção, o modelo pode ajudar a estabelecer a refrigeração de pico e as cargas de aquecimento. Na fase de desenvolvimento do projeto, o programa ajuda na avaliação de conceitos de economia de energia, tais como os efeitos de iluminação natural, estratégias de otimização de HVAC, e vidros de alta performance. Quando o projeto estiver finalizado, o modelo de rastreamento pode ajudar a documentar a conformidade com ASHRAE *Standard* 90,1-2.007 ou validar a elegibilidade do edifício para a certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*).

Para os calculos do TRACE 700 são aplicadas técnicas recomendadas pela Sociedade Americana de Engenharia de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (ASHRAE). O programa é testado de acordo com o Padrão ASHRAE 140-2007, "Método Padrão de Teste para Avaliação dos Programas Computacionais de Análise de de Energia em Edificações", e cumpre com os requisitos para software de simulação definido pela ASHRAE *Standard* 90,1-2007 e o LEED [®] *Green Building Rating System*.

O TRACE 700 possui algumas características interessantes que aumentam e otimizam a capacidade de modelagem do programa. São elas:

- Escolha de oito metodologias para simulação de carga, incluindo a do balanço de calor baseado em RTS, utilizando algoritmos fornecidos no último *Tool kit Loads ASHRAE*.
- Perfis de tempo predefinidos representam os climas, elevações e zonas de tempo de mais de 500 cidades ao redor do globo.

- Descreve o entorno do edifício e a orientação local, bem como a construção de quarto, correntes de ar, as configurações do termostato, fontes de calor, e os horários de utilização.
- Modelos tradicionais de sistemas de HVAC, incluindo zona única, VAV-reaquecimento (*Variable air volume*), distribuição de ar radiante e sistemas ao ar livre dedicados.
- Modelo de *chillers*, equipamento unitário, fonte de água e bombas de calor geotérmicas, caldeiras, aquecimento por resistência elétrica, trocadores de calor a gás e terminais aéreos.
- Inclui armazenamento térmico, recuperação de energia, refrigeração livre, cogeração e zona de aquecimento ou resfriamento.
- Simula estratégias de controle, tais como o *on/off*, redefinição de ajuste de pressão estática ou temperatura, umidificação, purificação noturna, ventilação cíclica, etc.
- Modelo de fluxo de ar baseado nos requisitos da ASHRAE *Standard* 62,1-2.007.
- Relata situação de luz natural, água quente para uso doméstico, cargas de processos, luzes de estacionamento, e outros elementos que consomem energia ou afetam o aquecimento do edifício ou a carga de refrigeração.
- Prevê os custos operacionais com base nos tipos de energia e taxas de serviços públicos.
- Especifica salas que servem como espaços para transferência de ar de sala para sala.
- Rotação automática de edifício, redimensionamento automático de ventilador e encaminhamento de relatórios de avaliação de desempenho para LEED®.
- Banco de dados opcional de mínimos equipamentos compatíveis com modelos da linha de base da ASHRAE 90,1-2.007.

Este programa possibilita uma economia de tempo por possuir bibliotecas de rastreamento que contêm os parâmetros de design comuns para materiais de construção, equipamentos, serviços públicos de base, tempo, e programação. Membros da biblioteca incluem mais de 40 sistemas de distribuição de ar, e uma série de equipamentos e acessórios de HVAC.

Os modelos permitem ao usuário inserir informações uma vez e depois aplicá-las a um número ilimitado de quartos. Se houver alteração de critério de projeto, as informações podem ser alteradas para um quarto individual ou altera-se o modelo e, automaticamente, atualiza as informações em todos os quartos relacionados.

Algumas facilidade de uso podem ser destacadas, como:

- "Alternativas" simplificam comparações dos efeitos das variações do sistema, taxas diferentes de serviços públicos e opções de construção ou equipamentos.
- Visualiza vários relatórios simultaneamente para fácil comparação.
- Relatórios predefinidos incluem resumos e detalhes da análise de resultados, dados inseridos, e relatórios formatados para demonstrar o cumprimento da ASHRAE Standard 90,1-2.007 *Energy Cost Budget (ECB) Method* e *LEED Energy and Atmosphere Credit 1*.
- Personaliza relatórios de energia e perfil de carga usando a ferramenta de gráficos *Built-in*.

3. *ESTALO THERMAL DESIGN*

Utilizado para análise, simulação e determinação da carga térmica com o objetivo de economizar energia e proporcionar conforto térmico, o *Estalo Thermal Design* se baseia nos materiais e equipamentos dissipadores de energia e no leiaute da construção. O programa pode ser aplicado em projetos arquitetônicos, de climatização, adequação energética, entre outros, e permite o estudo de várias possibilidades no projeto, visando à redução de custos. A entrada de dados é simples, podendo ser gráfica (facilita a verificação) ou na forma de texto.

De acordo com informações do fabricante, o produto é composto de três sistemas:

1. *Estalo Thermal Design* - sistema principal onde são criados e analisados os projetos através da análise de layout e materiais;
2. *Estalo Thermal Load* - sistema principal onde são criados e analisados os projetos através da análise lógica do *layout* (sem parte gráfica);
3. *Estalo Thermal BD* - sistema para manipulação de valores.

Dentre as características do *software* estão a interatividade, o fácil manuseio, o desenho da planta baixa (com leitura de arquivos CAD), o cálculo da carga térmica e da vazão de ar de insuflamento, a impressão em vários formatos, etc. Além disso, para facilitar a vida do usuário, o programa apresenta assistente (auxilia em casos de exceção) e manual *on-line* (tecla de ajuda), e ainda pode exportar relatórios para editores de texto e planilhas.

4. ENERGY PLUS

O Energy Plus é um programa disponibilizado gratuitamente para modelar as formas de fluxo de energia de edifícios, tais como iluminação, ventilação, condicionamento do ar, etc. Este software permite calcular as cargas térmicas do edifício de modo a manter o conforto térmico. Além disso, simula as cargas térmicas necessárias na serpentina, o consumo energético de um sistema de climatização e as condições de um sistema HVAC para se obter o resultado mais próximo possível das condições reais.

Como seus modos de entrada e saída se apresentam na forma de textos ASCII (*American Standard Code*), permitindo que seja lido por uma interface gráfica, o programa pode ser utilizado por outros *designers* de interface em seus programas, pois possui capacidade de modularização das sub-rotinas, já que foi escrito em FORTRAN90. Também é possível alterar suas linhas de programação, possibilitando melhorias no programa.

Por não ser utilizado para verificação de custo de ciclo de vida (*LCC – Life Cycle Cost*) de sistemas HVAC, não é necessária a supervisão de arquiteto ou engenheiro. É imprescindível que a inclusão dos dados seja feita de maneira correta, pois o programa não os checa e nem analisa a grandeza dos parâmetros. Uma grande vantagem do *Energy Plus* é a vinculação entre os sistemas, equipamentos e as cargas térmicas. Dessa forma, a simulação é feita baseada nos impactos causados pelos sistemas de climatização e equipamentos utilizados, o que fornece diretamente uma resposta térmica do edifício.

A utilização de uma interface gráfica para inserção e leitura dos dados presentes no programa é recomendável, pois o *Energy Plus* é usado para simulação e a interpretação dos arquivos de saída é complexa. Programas como *Design Builder* (*Design Builder, 2006*) e *xEsoView* (*Open Source Technology Group, 2006*) são exemplos utilizados para visualização de dados de entrada e saída, respectivamente.

Os dados inseridos pelo usuário são os que descrevem o edifício sob análise (arquivo de dados de entrada, de extensão “.idf”) e os climáticos (arquivo de dados climáticos, de extensão “.epw”). O site do *Energy Plus* apresenta dados climáticos estabelecidos pela WMO (*Weather Meteorological Organization*). Já os dados de entrada são lidos juntamente com um dicionário, arquivo de extensão “.idd”, o qual contém especificação das informações de todos os objetos possíveis.

Um detalhe importante aplicável ao *Energy Plus* é que faz-se necessário a configuração do sistema operacional do computador para adotar o caractere ‘.’ (ponto) como separador decimal. Caso não seja feita esta definição, os resultados dos cálculos serão incorretos.

APÊNDICE D - TORRES DE RESFRIAMENTO

A torre de resfriamento é um equipamento que se utiliza processos de evaporação e transferência de calor para resfriar a água. O fluido geralmente utilizado para dissipar esse calor gerado é a água, devido às suas características físicas (alto calor específico, baixa viscosidade, alta atoxidade). Após sua utilização pode-se eliminar a água do sistema, ou então, resfriá-la e reaproveitá-la no sistema de resfriamento.

FUNCIONAMENTO

Numa torre de resfriamento, a principal contribuição para o resfriamento da água é dada pela evaporação de parte dessa água que re-circula na torre. A evaporação da água proporciona transferência de massa da fase líquida (água) para a fase gasosa (ar) e causa o abaixamento da temperatura da água que escoar ao longo a torre de resfriamento. Isso ocorre porque a água precisa de calor latente para evaporar, e esse calor é retirado da própria água que escoar pela torre.

Vale lembrar que a transferência de massa da água para o ar ocorre porque as duas fases em contato tendem a entrar em equilíbrio. A evaporação de parte da água é responsável por aproximadamente 80% do resfriamento da água. A diferença de temperatura entre o ar e a água é responsável pelos outros 20 % do resfriamento.

CLASSIFICAÇÃO

- Torre de resfriamento por borrifamento com ventilação natural:

Composta basicamente por uma canalização provida de bicos pulverizadores e um invólucro dotado de venezianas que orientam e auxiliam a passagem do ar. O movimento do ar depende das condições atmosféricas (vento) e do efeito de aspiração dos bicos borrifadores

- Torre de resfriamento hiperbólica:

Composta basicamente por um sistema de aspersão de água, associada ou não a uma superfície de troca de calor, e uma estrutura geralmente hiperbólica que facilita a saída do ar, pelo “efeito chaminé” O ar quente tem sua densidade diminuída e tende a subir, criando uma zona de baixa pressão na parte inferior da Torre que induz a entrada de nova massa de ar frio.

- Torre de tiragem mecânica:

Nestas Torres aumenta-se a vazão de ar com o auxílio de um ventilador. Quando o ventilador está instalado na entrada de ar da Torre, esta denomina-se Torre de Tiragem Forçada. Quando o ventilador é instalado na saída do ar, a Torre é chamada de Torre de Tiragem Induzida. Podemos afirmar que o tipo mais utilizado nos diversos processos industriais existentes é o de Tiragem Mecânica. Dentro dessa categoria há ainda duas concepções de projeto:

- Torre em Contra Corrente (“counter-flow”):

A água que cai através do enchimento o faz verticalmente, enquanto o ar usado para o resfriamento caminha no sentido oposto.

- Torre em Corrente Cruzada (“cross-flow”):

A água que cai através do enchimento o faz verticalmente, enquanto o ar usado para o resfriamento caminha na horizontal.

Observação: É essencial ter em mente as limitações de uma torre. A mínima temperatura de água resfriada que podemos conseguir com o equipamento é função direta das condições ambientais. A mais importante variável é a temperatura do bulbo úmido, pois esta influi diretamente no tamanho da torre a ser selecionada.

RELAÇÃO TAMANHO E POTÊNCIA

As torres selecionadas para efetuar um determinado serviço térmico dentro de especificações idênticas poderão ser de vários tamanhos e apresentarem consumos diferentes, dependendo de um grande número de variáveis, por exemplo:

1. Aumentando-se o volume de resfriamento e mantendo-se o mesmo tipo de enchimento, aumenta-se a dimensão externa da torre. Com isto, necessita-se uma menor vazão de ar, resultando, portanto, em menor consumo do ventilador;
2. Mantendo-se a mesma área molhada do enchimento e alterando-se o tipo de enchimento, as dimensões de torre podem diminuir ou aumentar. Caso as dimensões aumentem, isto significa que o enchimento é mais aberto, o que diminui a resistência à passagem do ar, diminuindo o consumo do ventilador.
3. Aumentando-se a vazão de ar, pode-se diminuir o volume de resfriamento da torre. Neste caso, normalmente, o consumo do ventilador aumentará.

ESPECIFICAÇÕES DE COMPRA

Quando da solicitação de cotação de uma torre, o comprador deve especificar, claramente, alguns itens para efetuar uma avaliação em termos “nivelados”. Quanto maior a torre, normalmente são indicados mais detalhes nas especificações. Nestas então, além dos dados de projeto e desempenho, são indicados materiais, detalhes estruturais, leiaute, considerações sobre a área de instalação, garantias requeridas, bem como o método de avaliação que será empregado, indicando custos unitários, custos de energia e período de amortização.

Abaixo segue uma lista de especificações:

- 1- Descrição do serviço
- 2- Carga térmica total
- 3- Vazão de água a ser resfriada
- 4- Temperatura de água fria
- 5- Temperatura de água quente
- 6- Temperatura de bulbo úmido

- 7- Altura manométrica permissível
- 8- Análise da água
- 9- Velocidade média e direção dos ventos
- 10- Velocidade dos ventos para efeito de resistência de torre
- 11- Tremor de terra (não necessário no Brasil)
- 12- Intensidade do som (nível de ruído)
- 13- Tipo de torre
- 14- Materiais básicos, estrutura, enchimento, fechamento.
- 15- Tipo de ferragem
- 16- Tratamento da madeira
- 17- Tipo de bacia de coleta de água fria e profundidade
- 18- Material do ventilador número mínimo de pás
- 19- Altura do cilindro do ventilador
- 20- Descrição do motor (especificar se de uma ou duas velocidades)
- 21- Sistema de proteção contra vibração
- 22- Outros sistemas de proteção
- 23- Dispositivos para movimentação do equipamento mecânico
- 24- Custos unitários para avaliação econômica
- 25- Teste de performance
- 26- Planta do local de instalação
- 27- Área de estocagem
- 28- Sistema de transporte e acesso
- 29- Facilidades colocadas à disposição pelo comprador
- 30- Trabalho a ser executado pelo comprador
- 31- Prazo
- 32- Termos e condições de venda.

AVALIAÇÃO ECONOMICA

Numa análise de cotações de vários concorrentes deve-se, além do valor do investimento inicial levar em conta outros fatores, os quais poderão substancialmente alterar o custo depois de determinado tempo de operação da torre. Estes custos são:

1. Custos de investimento

- Custo total da torre montada, incluindo motores.
- Custo da bacia de coleta de água fria instalada, incluindo caixa de coleta e peneira.
- Custo das bombas instaladas.
- Custo da fiação elétrica instalada, painel de comando, chaves de partida e controles.
- Custo da tubulação instalada, de entrada e retorno, linha de alimentação, ladrão, dreno, incluindo válvulas, tanto de fechamento, como as de controle de vazão.

2. Custos operacionais

- Custo da energia elétrica para ventiladores e bombas
- Tarifas de demanda
- Custo de amortização de investimento
- Custos de manutenção

Dado determinado período de amortização, a torre mais econômica é aquela cuja soma dos custos de investimento e operacionais se situam em menor nível.

SELEÇÃO

Diferentemente dos chillers, as torres de resfriamento possuem metodologias para seleção, que variam de fabricante para fabricante. Os catálogos e a metodologia completa encontram-se no sítio das mesmas.

APÊNDICE E – BOMBAS HIDRÁULICAS

Bombas hidráulicas são dispositivos mecânicos concebidos para mover os líquidos com pressão suficiente para transmitir a energia no corpo de fluido com força suficiente de modo que possa ser usado para desempenhar um trabalho.

Existem vários tipos de bombas hidráulicas de uso geral, a maioria dos quais com estreita tolerância de mecanismos rotativos que operam em velocidades baixas comparativamente.

CLASSIFICAÇÃO

As bombas podem ser classificadas de acordo com a forma como transfere a energia para o fluido.

- Bombas de deslocamento positivo ou bombas estáticas:
 - Alternativas
 - Rotativas

O aumento da energia do fluido é obtido por meio do deslocamento de um volume pré determinado. O princípio de funcionamento deste equipamento pode ser observado no coração e nas bombas de encher pneus de bicicletas.

- Turbomáquinas ou bombas dinâmicas:
 - Centrifugas Puras ou Radiais
 - Helicoidais
 - Axiais

Há uma série de dispositivos (pás, discos, canecas, canais, etc.) que aumentam a energia do fluido e se baseia na transferência de quantidade de movimento por interação viscosa entre superfície sólida do elemento e o fluido.

SELEÇÃO

Antes de escolher qualquer tipo de bomba hidráulica, é fundamental considerar alguns pontos importantes, como pressão, temperatura e sua frequência. Existem modelos mais baratos, de baixa pressão e que irão certamente proporcionar soluções satisfatórias para várias aplicações que necessitam de pressões mínimas (menos de 200 psi). Além disso, deve-se observar os requisitos de projeto, tais como altura manométrica, vazão, etc., e o dimensionamento e espaço físico necessário ou disponível. Na área de refrigeração e ar-condicionado, as bombas mais comumente utilizadas são as centrífugas.

APENDICE F – VENTILADOR

O ventilador é o equipamento responsável por criar fluxos de ar no sistema, divididos em dois grupos básicos denominados axiais e centrífugos.

Como regra geral, os ventiladores axiais são utilizados quando é necessária a produção de fluxos de ar elevados e com baixa resistência, como os de hélice simples, hélice com invólucro, axial tubular (ou ventilador de duto) e tubular centrífugo.

Os centrífugos são usados em condições de fluxo baixo e resistência elevada e subdivide-se em três outras categorias, conforme a conformação do seu rotor e posicionamento das respectivas pás. A direção do ângulo da pá permite construções de pá de ângulo positivo (pá curvadas para frente), negativo (pá curvadas para trás) ou nulo (rotores radiais de pás retas).

APÊNDICE G - TANQUES DE TERMOACUMULAÇÃO

O sistema de Termoacumulação tem como objetivo reduzir o custo com energia elétrica para atender a uma instalação de um sistema de ar condicionado, podendo gerar uma economia de até 70%, dependendo do segmento e horários de funcionamento do empreendimento.

Este sistema pode ser implantado em instalações de ar condicionado que utilizem água com condensação a ar ou a água. Utiliza tanques de água gelada ou gelo que armazenam carga térmica durante a madrugada onde o custo de energia é extremamente baixo e são utilizadas nos horários de pico onde o custo de energia é mais alto.

Com a utilização deste sistema, tem-se benefícios, como:

- Redução do tamanho da CAG (Central de Água Gelada), conseqüentemente, do custo inicial dos equipamentos que compõem o sistema de climatização;
- Deslocamento de carga para fora do horário de ponta do sistema;
- Redução de potência instalada, proporcionando um novo contrato de energia;
- Redução de investimento com cabine primária ou secundária;
- Aproveitamento das diferentes modalidades de tarifas para reduzir o custo de energia.

Os tanques de água gelada podem ser construídos tanto em chapa de aço como em concreto, sendo constituídos com várias câmaras interligadas segundo a técnica denominada "labirintos" ou mesmo em tanques unicelulares do tipo estratificado que reduzem as perdas por mistura e transmissão, aumentando a eficiência dos mesmos.

Os tanques de gelo são construídos em aço inox com o isolamento térmico para atender as necessidades da operação. Os tanques de gelo, diferentemente dos tanques de água gelada, necessitam de dois ciclos distintos:

- 1) Ciclo de carga ou produção de gelo, no qual é formado gelo no interior dos tanques.

- 2) Ciclo de descarga ou queima, no qual é consumido o gelo previamente acumulado.

APENDICE H – VANTAGENS E DESVANTAGENS DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO DO TIPO ÁGUA GELADA

Sistema de ar condicionado do tipo água gelada	
Vantagens	Desvantagens
Baixo custo para o “lojista”	Alto custo para “empreendedor”
Fan-coil produzido para atender carga térmica específica	Dificuldade de rateio de energia elétrica referente ao ar condicionado
Excelente controle da temperatura (no caso em que o atuador for de ação proporcional)	Sistema de dois tubos – ou tudo refrigera ou tudo aquece
Carga de refrigeração instalada menor se comparado com os sistemas unitários, devido a sazonalidade e simultaneidade	-
Permite o uso de termoacumulação	-

Tabela 13 – Quadro comparativo: Vantagens x Desvantagens – Sistemas de ar condicionado do tipo água gelada

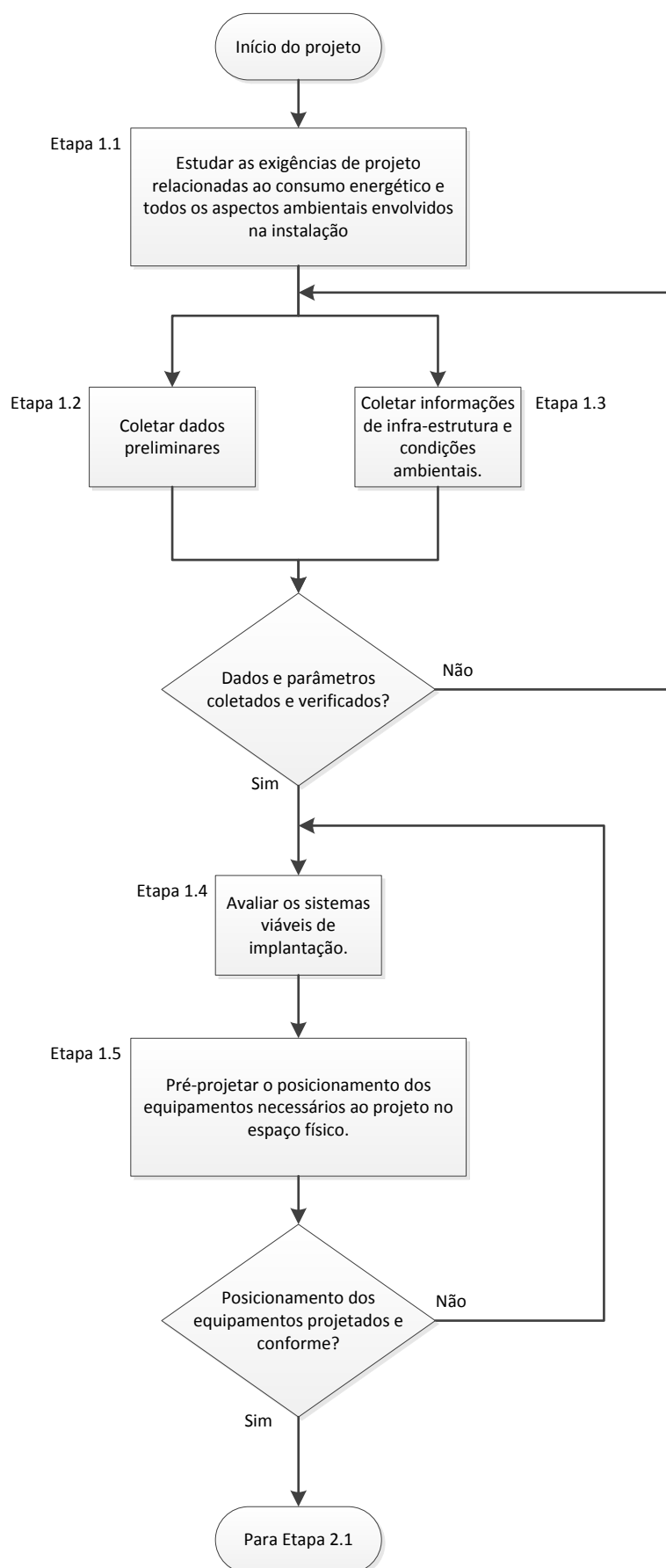
Sistema de água gelada com chiller a ar	
Vantagens	Desvantagem
Enorme flexibilidade com relação a quantidade de fan-coil e a sua localização em relação a central de água gelada	Custo de instalação mais elevado
A carga elétrica instalada é menor se comparado com os sistemas unitários (simultaneidade de carga)	O chiller tem que estar em contato com o ambiente externo
Ponto de energia concentrado na central	A eficiência do processo de rejeição de calor depende da temperatura ambiente.
Não tem restrições de altura e distância entre o chiller e os fan-coil	-
Não causa impacto arquitetônico, típico da locação de unidades condensadoras dos sistemas unitários	-
Permite termoacumulação	-

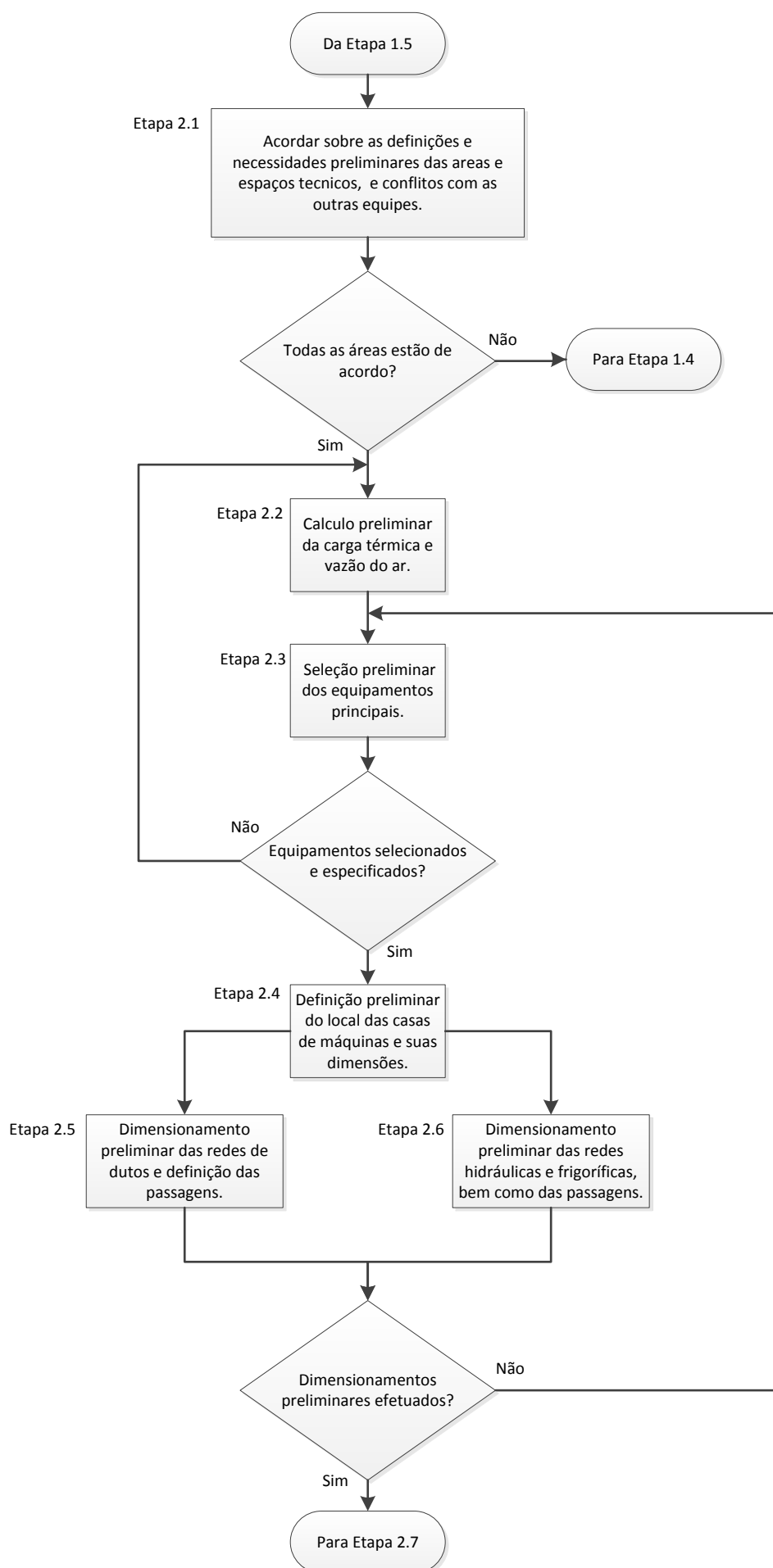
Tabela 14 - Quadro comparativo: Vantagens x Desvantagens – Sistema de água gelada com chiller a ar

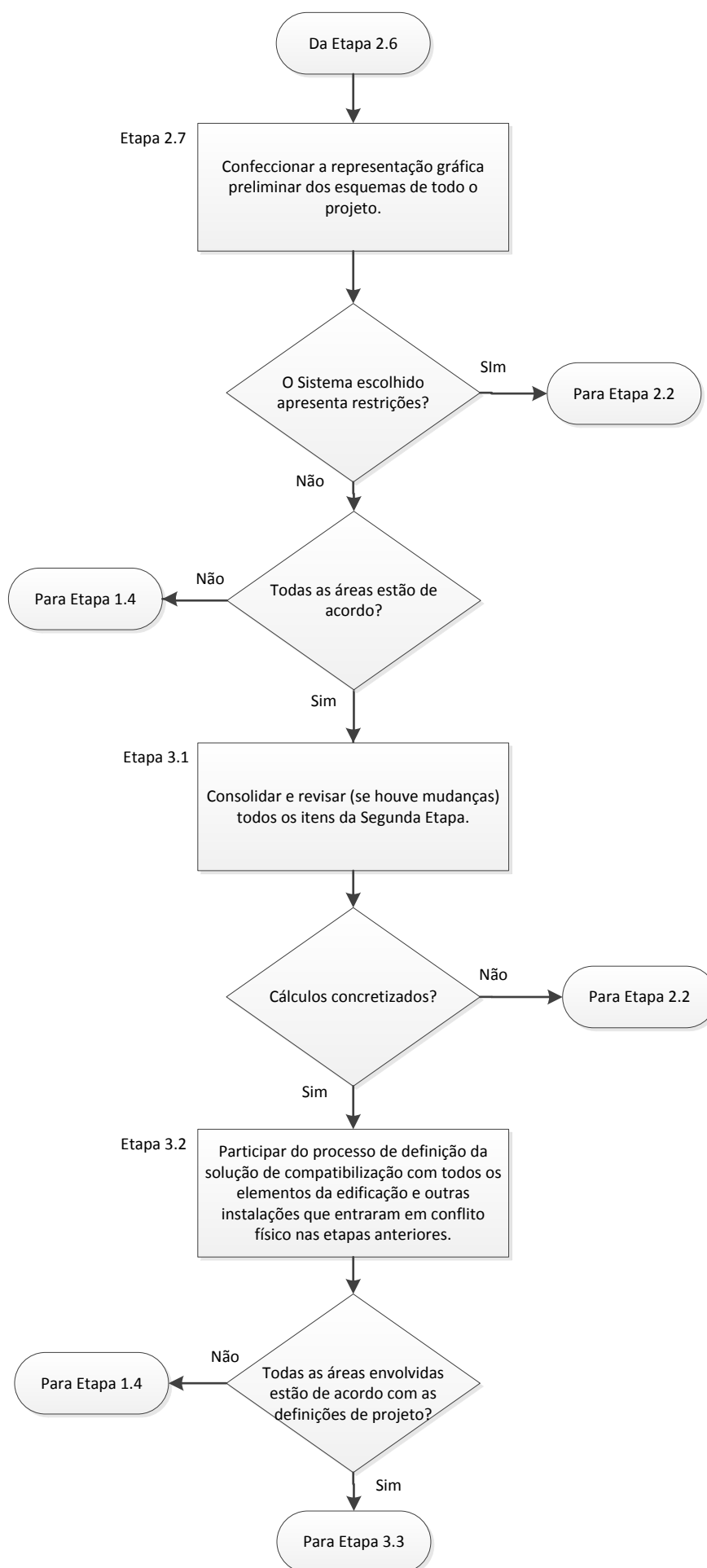
Sistema de água gelada com chiller a água	
Vantagens	Desvantagem:
Enorme flexibilidade com relação a quantidade de <i>fan-coil</i> e a sua localização em relação a central de água gelada	Custo de instalação mais elevado (+ torre, bombas e tubulações)
A carga elétrica instalada é menor se comparado com os sistemas unitários (simultaneidade de carga)	Consumo de água devido à evaporação na torre
Ponto de energia concentrado na central	Os custos de manutenção são maiores
Não tem restrições de altura e distância entre o chiller e os <i>fan-coil</i> , e entre o chiller e a torre de arrefecimento	-
Não causa impacto arquitetônico, típico da locação de unidades condensadoras dos sistemas unitários	-
Permite termoacumulação	-
É mais eficiente que o chiller a ar	-
O chiller não precisa ficar no ambiente externo	-

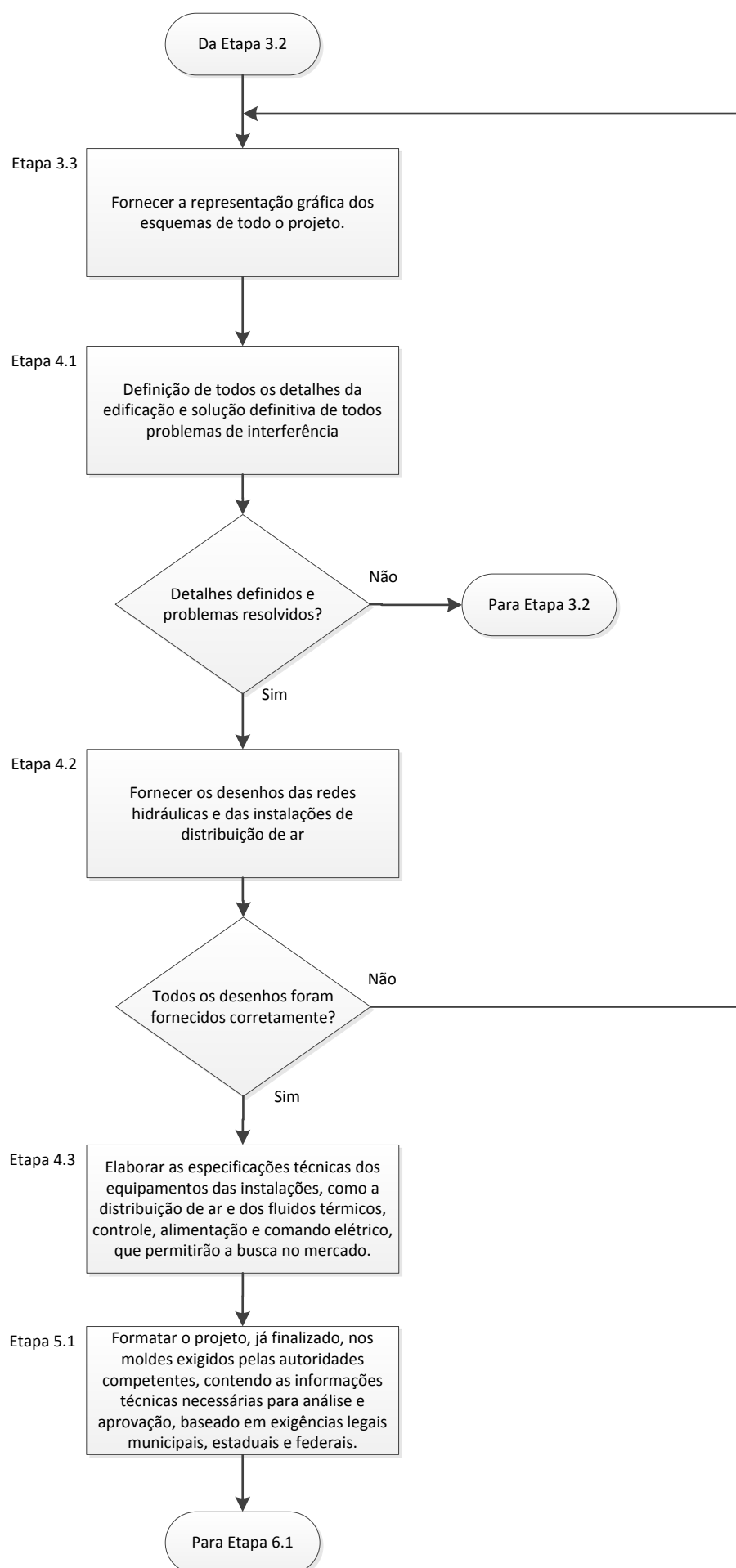
Tabela 15 - Quadro comparativo: Vantagens x Desvantagens – Sistema de água gelada com chiller a água.

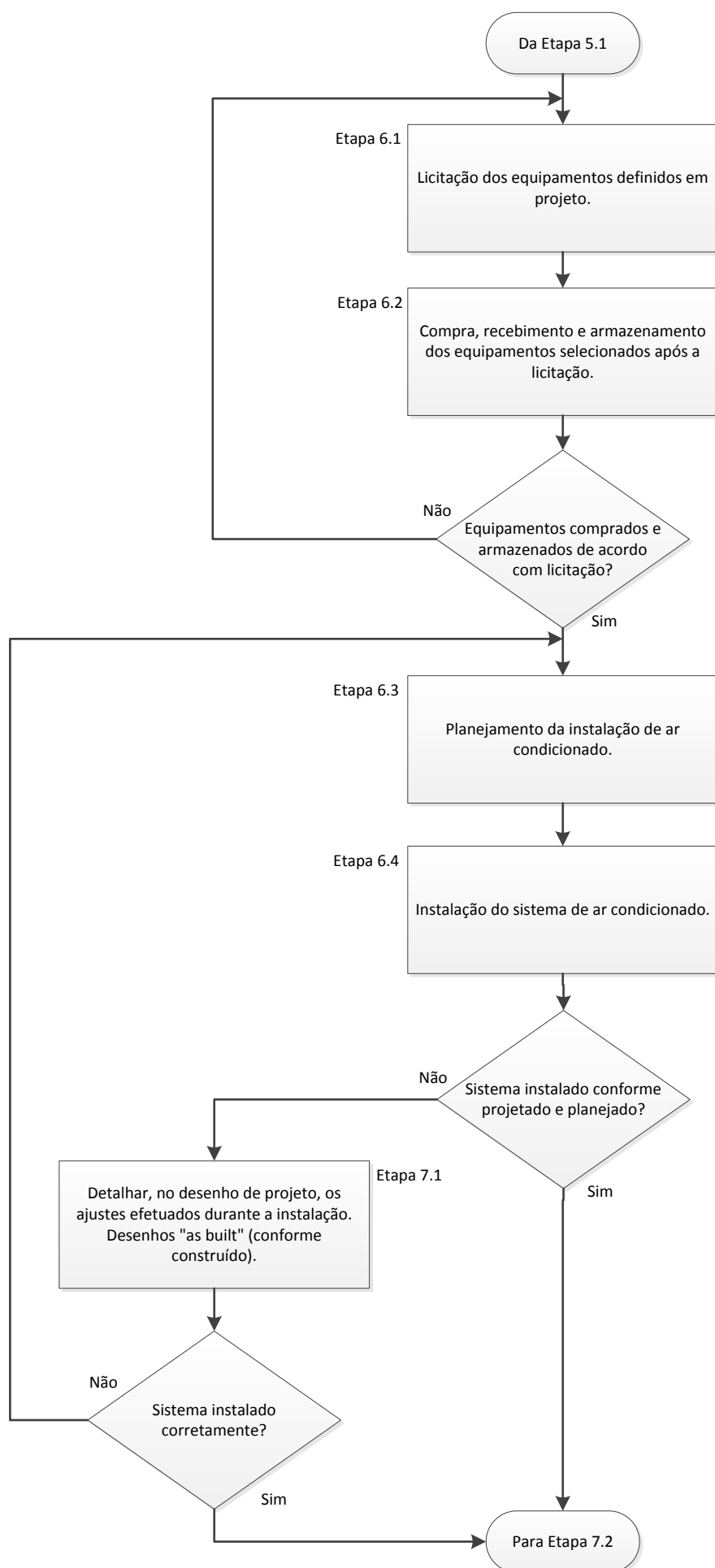
APÊNDICE I – FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROJETO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO

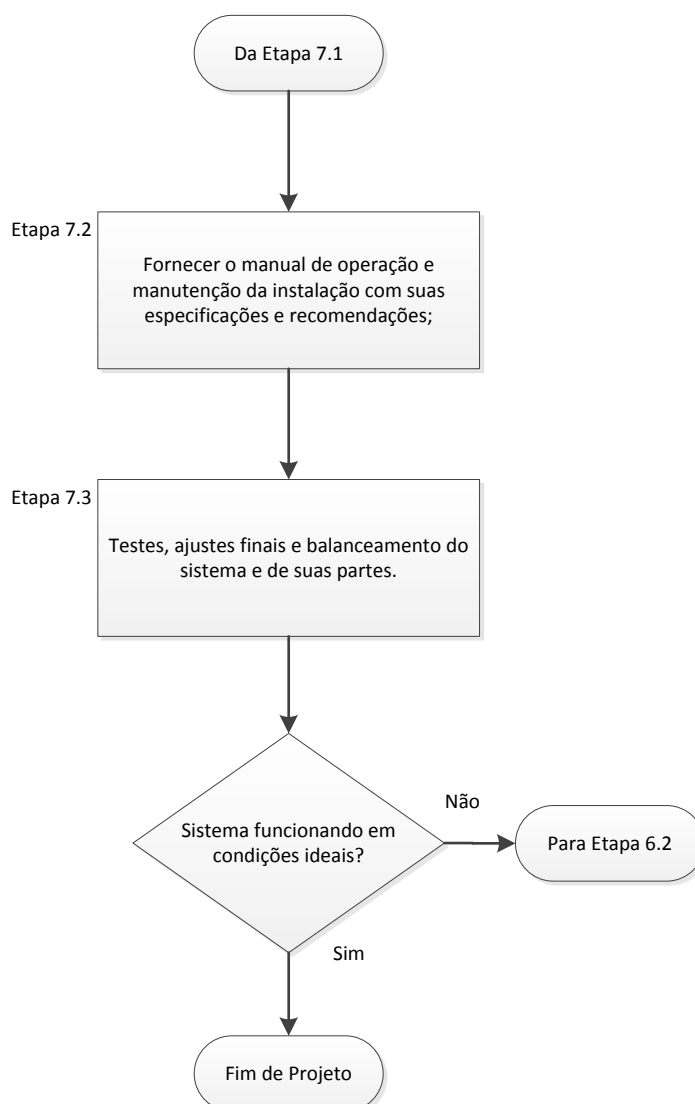
APENDICE I – FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROJETO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO

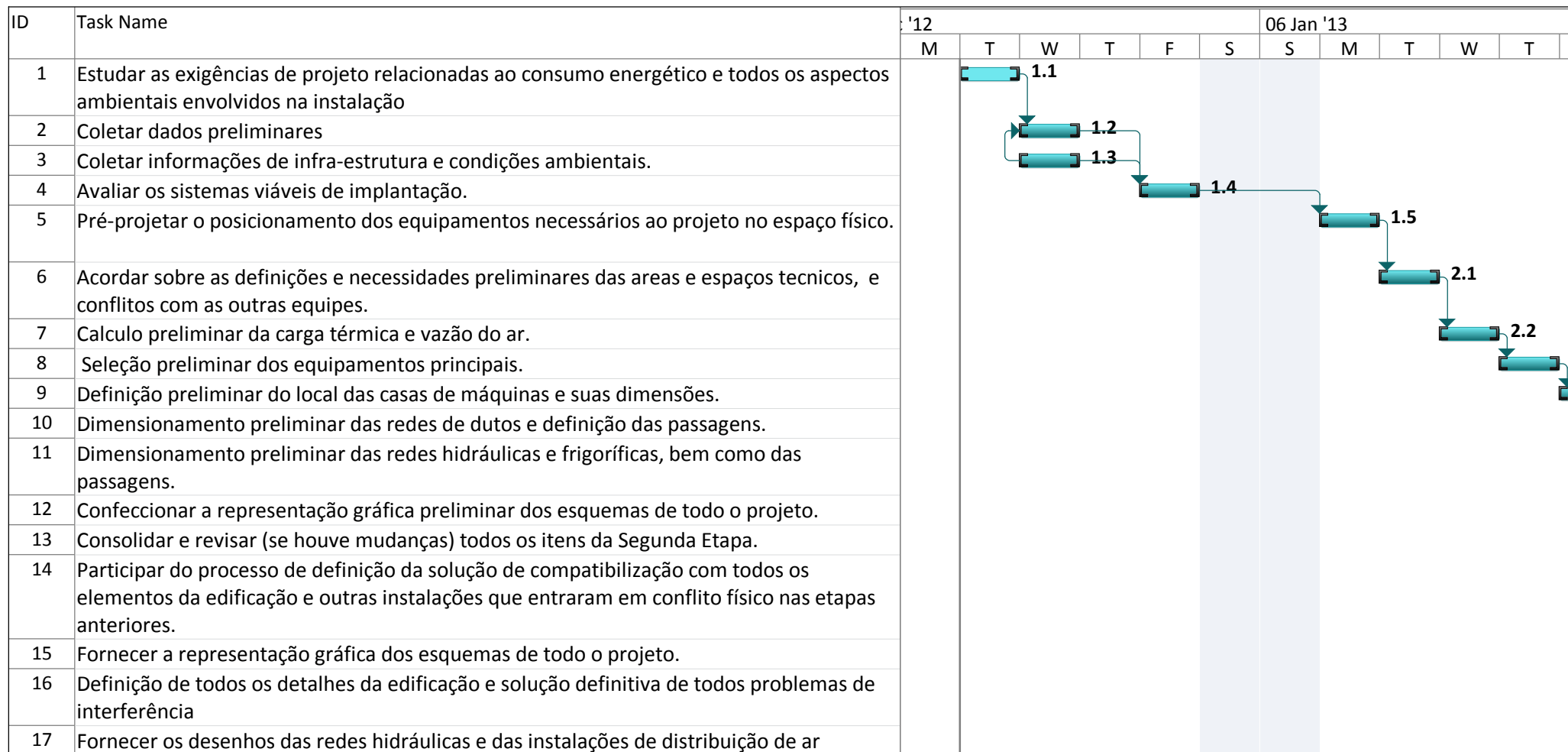
APENDICE I – FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROJETO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO (CONTINUAÇÃO)

APENDICE I – FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROJETO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO (CONTINUAÇÃO)

APENDICE I – FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROJETO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO (CONTINUAÇÃO)

APENDICE I – FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROJETO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO (CONTINUAÇÃO)

APENDICE I – FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROJETO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO (CONTINUAÇÃO)





















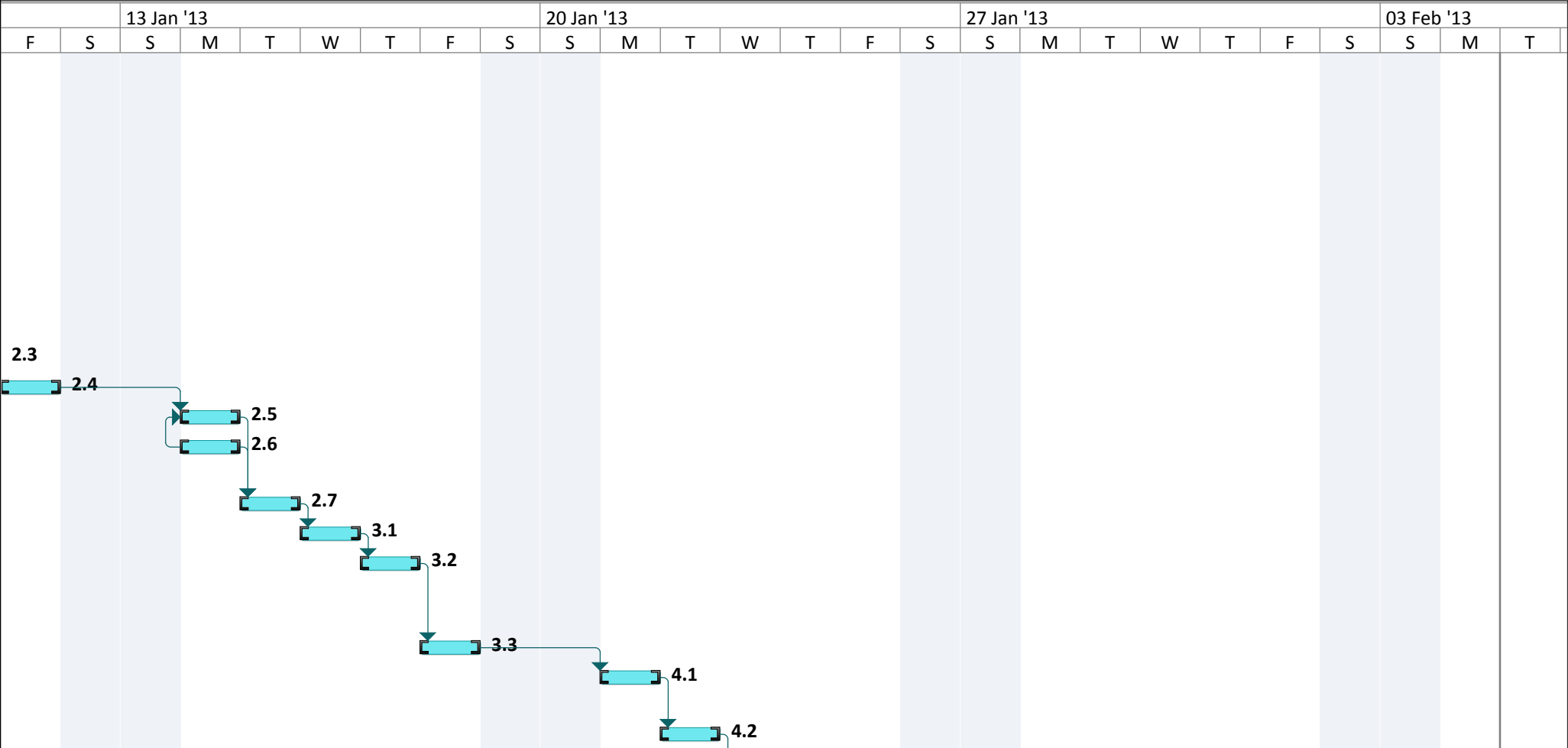
Project: Pronto
Date: Mon 18/03/13

Task		External Milestone		Manual Summary Rollup	
Split		Inactive Task		Manual Summary	
Milestone		Inactive Milestone		Start-only	
Summary		Inactive Summary		Finish-only	
Project Summary		Manual Task		Deadline	
External Tasks		Duration-only		Progress	

ID	Task Name	'12						06 Jan '13					
		M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	
18	Elaborar as especificações técnicas dos equipamentos das instalações, como a distribuição de ar e dos fluidos térmicos, controle, alimentação e comando elétrico, que permitirão a busca no mercado.												
19	Formatar o projeto, já finalizado, nos moldes exigidos pelas autoridades competentes, contendo as informações técnicas necessárias para análise e aprovação, baseado em exigências legais municipais, estaduais e federais.												
20	Licitação dos equipamentos definidos em projeto.												
21	Compra, recebimento e armazenamento dos equipamentos selecionados após a licitação.												
22	Planejamento da instalação de ar condicionado.												
23	Instalação do sistema de ar condicionado.												
24	Detalhar, no desenho de projeto, os ajustes efetuados durante a instalação. Desenhos as built (conforme construído).												
25	Fornecer o manual de operação e manutenção da instalação com suas especificações e recomendações;												
26	Testes, ajustes finais e balanceamento do sistema e de suas partes.												

Project: Pronto
Date: Mon 18/03/13

Task		External Milestone		Manual Summary Rollup	
Split		Inactive Task		Manual Summary	
Milestone		Inactive Milestone		Start-only	
Summary		Inactive Summary		Finish-only	
Project Summary		Manual Task		Deadline	
External Tasks		Duration-only		Progress	



Project: Pronto Date: Mon 18/03/13	Task		External Milestone		Manual Summary Rollup	
	Split		Inactive Task		Manual Summary	
	Milestone		Inactive Milestone		Start-only	
	Summary		Inactive Summary		Finish-only	
	Project Summary		Manual Task		Deadline	
	External Tasks		Duration-only		Progress	

