

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA DE APOIO PARA GERENCIAMENTO DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE AR CONDICIONADO

Felipe Augusto Carvalho de Faria¹

Gessica Viganó Gonçalves²

Luiz Carlos Martinelli Junior³

Resumo: O artigo desenvolve uma ferramenta estruturada em planilha eletrônica, plataforma de fácil manuseio e custo acessível, que visa auxiliar micro e pequenas empresas do ramo a gerenciar projetos e dimensionar sistemas de ar condicionado de pequeno e médio porte. O objetivo principal é viabilizar a entrada destas empresas no mercado atual com desenvolvimento de projetos de qualidade e, conseqüentemente, competição com empresas de maior porte que utilizam *softwares* robustos. A metodologia de projeto sugerida e empregada no corpo da ferramenta baseia-se em pesquisa bibliográfica de normas brasileiras regulamentadoras, legislações, bibliografias especializadas no tema, orientações e informações extraídas de engenheiros com experiência na área. Implementa-se a planilha eletrônica por meio da metodologia citada e define-se a utilização do exemplo prático adotado pelo estudo de Carvalho (2009), o qual utiliza um cômodo residencial para calcular carga térmica por métodos distintos e especificar aparelhos, para validação operacional da ferramenta. Após desenvolver o projeto completo de climatização do cômodo residencial na ferramenta, realiza-se a confrontação de dados. Quantitativamente, os resultados no cálculo de carga térmica na ferramenta e no cálculo detalhado do estudo de Leonardo (2009) são, respectivamente, 7822,4 BTU/h e 8542,0 BTU/h, demonstrando o potencial em fornecer economia devido ao cálculo minucioso e preciso de carga térmica e subsequente menor demanda por potência de refrigeração. Qualitativamente, verifica-se o oferecimento de uma diversidade de funções multidisciplinares que, agrupadas, habilitam a elaboração de projetos com eficiência e qualidade. Portanto, conclui-se que a ferramenta está apta ao fornecimento autorizado e posterior aplicação na prática de empresas.

Palavras-chave: Ferramenta Estruturada. Micro e Pequenas Empresas. Sistemas de Ar Condicionado. Normas Brasileiras Regulamentadoras. Projeto.

1 INTRODUÇÃO

Condicionamento de ar, conforme nos apresenta a NBR 16401-1 (ABNT, 2008, p. 2), é um princípio de funcionamento que possui objetivo de controlar, simultaneamente, parâmetros como “a temperatura, a umidade, a movimentação, a renovação e a qualidade do ar de um ambiente. Em certas aplicações, controla também o nível de pressão interna do ambiente em relação aos ambientes vizinhos”.

¹ Engenheiro Mecânico graduado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Pato Branco. E-mail: eng.felipeacfaria@gmail.com

² Engenheira Civil graduada pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Pato Branco. E-mail: gessicagoncalves@hotmail.com

³ Professor Dr. Engenheiro Mecânico Luiz Carlos Martinelli Junior. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Pato Branco. E-mail: martinelli@utfpr.edu.br

A primeira concepção de um sistema de ar condicionado, demonstrado na Figura 1, que controlava condições internas de ambiente foi idealizada no Brooklyn, Nova Iorque, pelo engenheiro norte-americano Willis Carrier, em 1902, e possuía a finalidade de sanar algumas dificuldades que a indústria gráfica Sacket & Wilhelms enfrentava com a umidade no processo de fabricação do papel (CARRIER, 2016).

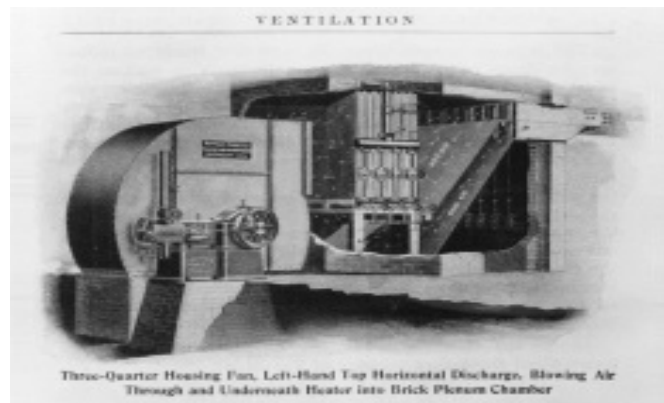


Figura 1 – Primeiro sistema de ar condicionado projetado por Willis Carrier.
Fonte: CARRIER (2016).

Desde então, observou-se uma considerável expansão da área de refrigeração, de forma geral, pois o ar condicionado não só revolucionou o conceito de conforto e bem-estar, mas também propiciou a realização de diversos e significativos progressos em áreas como saúde, pesquisa, construção civil, industrial, transporte, computação, etc. (ABRAVA, 2016).

Atualmente, o custo de investimento e a variedade de sistemas de ar condicionado existentes no mercado são fatores que tornam primordial a contratação de um projeto, pois a instalação de um sistema requer avaliação prévia, criteriosa e detalhada, com estruturação que atenda às necessidades do consumidor ao gerar, basicamente, melhor relação entre custo e benefício, custos adequados de instalação, operação e manutenção (ABRAVA, 2016).

Além disso, contratar um projeto é obrigatório para que o consumidor disponha de um engenheiro projetista, especialista na área, que realize o projeto da instalação com capacidade adequada e soluções que obedeçam as normalizações (ARTECH, 2016). Para tanto, o engenheiro deve atuar exclusivamente em projetos e não ter nenhum vínculo com fabricante, para que não exista favorecimento por produtos e a especificação dos equipamentos seja imparcial e suprida por fabricantes distintos,

resultando em melhor desenvolvimento e execução de projeto aliado a satisfação do contratante (CONSULTERMO, 2016).

Nesse contexto, existe uma variedade de programas disponíveis no mercado que, com a manipulação correta do engenheiro, desenvolvem o dimensionamento de sistema para climatizar qualquer ambiente desejado. Alguns são gratuitos e virtualmente disponíveis no próprio sítio de empresas e/ou fabricantes, sendo esses mais simplificados, enquanto outros possuem custo associado relativamente alto para adquirí-los, exigem nível de conhecimento maior para a manipulação e podem ser considerados como mais refinados.

1.1 OBJETIVO

Sendo assim, o objetivo do presente artigo é desenvolver uma ferramenta, destinada ao uso de micro e pequenas empresas, que proporcione e auxilie o gerenciamento de projeto e o dimensionamento de sistemas climatizadores de pequeno e médio porte. Adicionalmente, deve possuir acessibilidade comercial e simplicidade de manuseio que viabilize o processo de inserção das empresas no mercado competitivo que já existe em vigor.

2 METODOLOGIA

Projetos desse setor solicitam elevado grau de multidisciplinariedade, pois exigem conhecimento nas diretrizes de gerenciamento, legislação e normalizações regulamentadoras nacionais, parâmetros e variáveis físicas internas e externas de dimensionamento, emissão de anotação de responsabilidade técnica (ART) e a metodologia de cálculo dos honorários de projeto introduzida pela Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava).

Inicialmente, o gerenciamento de projeto, segundo o raciocínio de Candido et al. (2012, p. 2), representa “um conjunto de mecanismos organizados e acompanhamento de processos que precisam ser desenvolvidos com qualidade, preço e prazo competitivos, visando à satisfação dos clientes”. Porém, é necessário o completo entendimento do que significa um projeto para aplicar os fundamentos de gerência de projeto e, para isso, o Guia PMBOK (2004, p. 5) afirma que projeto é um

trabalho temporário aplicado para a elaboração de um novo produto, serviço ou resultado.

Aprofundando um pouco mais no conceito, em específico na área de atuação e para o porte de ambiente considerado, um projeto de climatização exige o dimensionamento e as definições dos seguintes itens:

- **Carga térmica:** por definição, é soma da quantidade de calor sensível e calor latente que um ambiente a ser refrigerado possui, proveniente de meios internos e externos como a condução, insolação, pessoas, equipamentos, infiltração, ventilação, renovação de ar, etc. (STOECKER E JONES, 1985). E, por ser a principal variável de projeto, Carrier (1992) propôs um método para estimar detalhadamente a quantidade de carga térmica presente em um recinto, pois destaca que a estimativa criteriosa possibilita a determinação da potência de refrigeração exigível para o aparelho de ar condicionado que deve ser instalado e, conseqüentemente, propicia a seleção de equipamentos e sistema econômico.

- **Carta psicrométrica:** estudo que identifica a quantidade, critérios e as condições específicas do ar de insuflamento, vide Figura 2, características que possibilitam a correta especificação do aparelho de ar condicionado, conforme dados técnicos disponíveis pelo fabricante em questão (CREDER, 2004, p. 114).

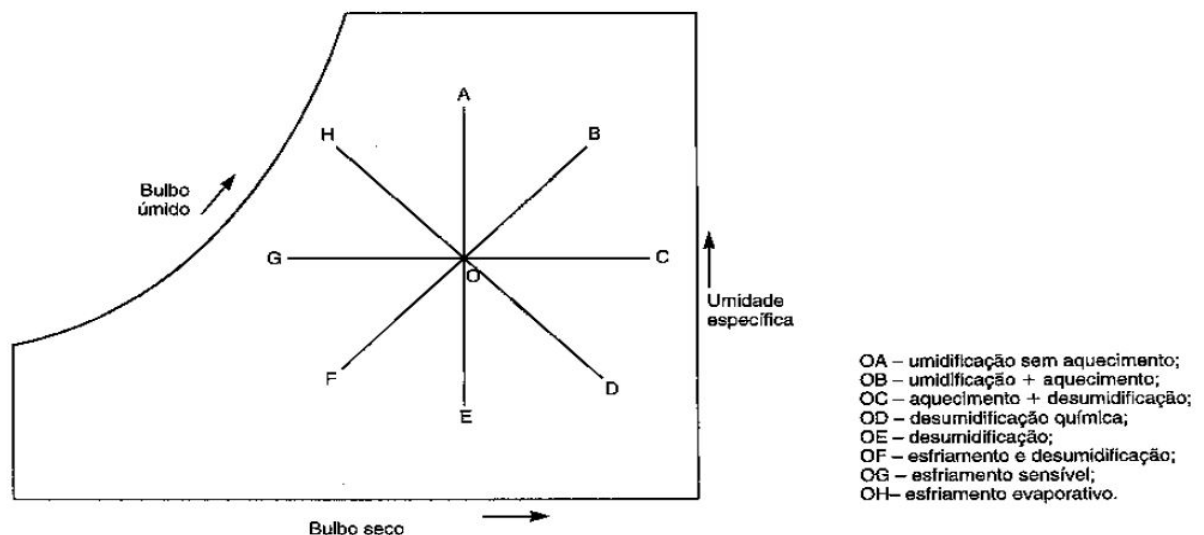


Figura 2 – Parâmetros existentes em uma carta psicrométrica.

Fonte: CREDER (2004, p. 35).

- **Ventilação:** é o trabalho mecânico que viabiliza, em projetos de médio porte, o escoamento de ar que percorre todo o caminho de condicionamento, insuflamento

pelo recinto e retorno (caso exista) em um sistema e climatização. Então, no dimensionamento do ventilador, componente que fornece o deslocamento de ar em quantidade e velocidade desejável, deve-se assegurar que o mesmo seja capaz de vencer as pressões de resistência impostas pelo sistema de dutos, equipamentos auxiliares e singularidades (CREDER, 2004, p. 185).

- Distribuição e difusão de ar: responsável por permitir a circulação do ar desde o ventilador até os pontos de insuflamento do sistema. Define não só o dimensionamento dos dutos, o qual é completamente interligado ao volume de ar que deve ser circulado, à velocidade de ar admissível e a perda de carga em toda a linha de distribuição produzida por rugosidade do material e singularidades, principalmente, mas também o dimensionamento e especificação correta de difusor, importante para assegurar distribuição uniforme do ar, regulagem de vazão e satisfazer condições de velocidade média na zona ocupada, conforme a norma que regulariza essa exigência (CREDER, 2004).

Quanto às normalizações e legislação aplicáveis, é importante respeitar as padronizações dos seguintes documentos nacionais:

- ABNT NBR 16401-1 (2008) “Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 1: Projetos das instalações”: estabelece todos os requisitos de projeto e dimensionamento de climatização que devem ser verificados para aprovação, instalação, operação e manutenção posterior do sistema. Além disso, esclarece todas as fases de um projeto, justificando o que cada variável representa e delimita para o sistema em questão.

- ABNT NBR 16401-2 (2008) “Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 2: Parâmetros de Conforto Térmico”: trata dos requisitos de conforto térmico que devem ser exigidos e previstos no desenvolvimento do projeto. A existência dessa norma justifica-se pelo nível de exigência que a sociedade atual estabelece para conforto e bem-estar.

- ABNT NBR 16401-3 (2008) “Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 3: Qualidade do Ar Interior”: identifica e define os requisitos mínimos e referentes às subáreas do projeto que afetam a qualidade interior do ar, esclarecendo não só os parâmetros necessários para garantir a renovação de ar (ventilação), de acordo com a classificação do ambiente, mas

também os equipamentos ideais e a concepção das instalações para que a qualidade do ar seja verificada (filtragem).

- ABNT NBR 7256 (2005) “Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) - Requisitos para projeto e execução das instalações”: especifica o que é fundamental, em fase de projeto e instalação, para reduzir os riscos biológicos e químicos que podem ser transmitidos pelo ar em estabelecimentos dessa categoria.

- ABNT NBR 10080 (1987) “Instalações de ar condicionado para salas de computadores”: possui, em sua regulamentação, os requisitos de projeto que devem ser considerados durante o dimensionamento, as características que devem ser impostas em alguns equipamentos e sugere tipos de sistemas compatíveis com a aplicação.

- NR 15 (1991) “Atividades e Operações Insalubres”: regida pelo MTPS e em seu anexo nº 12, garante segurança à saúde de trabalhadores que ficam expostos, constantemente, em local de trabalho com qualidade de ar precária, indicando todas as incumbências que o empregador é legalmente obrigado e responsável por realizar.

- NR 17 (1978) “Ergonomia”: regida também pelo MTPS, define parâmetros de projeto e instalação para que os trabalhadores possuam condições de trabalho confortáveis e favoráveis ao aumento da eficiência de serviços executados em ambientes como salas de controle, laboratórios e escritórios.

- ABNT NBR 15220 (2003) “Desempenho térmico de edificações”: apresenta parâmetros como zoneamento bioclimático brasileiro, estratégias de condicionamento de ar e variáveis de projeto para que o cálculo de carga térmica seja realizado corretamente.

- ABNT NBR 10151 (2000) “Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o Conforto da Comunidade – Procedimento”: padroniza as condições exigíveis, em qualquer tipo de comunidade existente, do ruído externo mínimo e aceitável.

- ABNT NBR 10152 (1987) - “Níveis de ruído para conforto acústico”: define as condições exigíveis mínimas e aceitáveis que asseguram conforto acústico em ambientes, porém para ruídos internos produzidos pelos sistemas de ar condicionado.

- Portaria N° 3.523 (1998): vulgarmente conhecida por 'Lei Sérgio Motta', é uma lei amparada na preocupação com a qualidade do ar interior em ambientes públicos que exijam renovação de ar e, principalmente, atividades correlacionadas ao plano de manutenção, operação e controle do sistema para minimizar o risco potencial à saúde dos ocupantes.

- Metodologia Abrava para Avaliação dos Honorários de Projeto (2014): estabelece critérios de remuneração pelo projeto, através do fornecimento de parâmetros específicos, para que os profissionais tenham uma competição de mercado justa, na qual se tenha a isenção não só da contratação de projetos por preços baixos que desrespeitem o código de ética profissional, mas também da remuneração advinda de interesses comerciais e vínculos de fabricantes correlacionados aos produtos especificados.

- Anotação de Responsabilidade Técnica: a emissão de ART estabelece que o projeto de engenharia possui um profissional habilitado, responsável e dominante dos conhecimentos técnicos necessários para a atividade requerida. Com isso, assegura-se não só o grau de qualidade e segurança (técnica e jurídica) para o indivíduo que contratar o profissional, mas também ao próprio contratado, por tratar-se de um documento cujo teor confere sua valorização perante o mercado de trabalho e significa uma prova legítima perante eventuais litígios judiciais (CREA-DF, 2015).

Após o entendimento acerca dos itens necessários de projeto e dimensionamento, decidiu-se pelo desenvolvimento da ferramenta em planilha eletrônica, como estrutura base, pois esta oferece custo acessível (de aquisição da licença e operação pela plataforma desejável) e facilidade de manipulação por ser um aplicativo relativamente "universal" na atual fase de conhecimentos e tecnologias da engenharia.

Desenvolveu-se a planilha eletrônica alicerçada em metodologia, visualizada na Figura 3, cuja concepção foi baseada no conteúdo de normalizações e elaborada em conjunto com profissionais experientes da área.

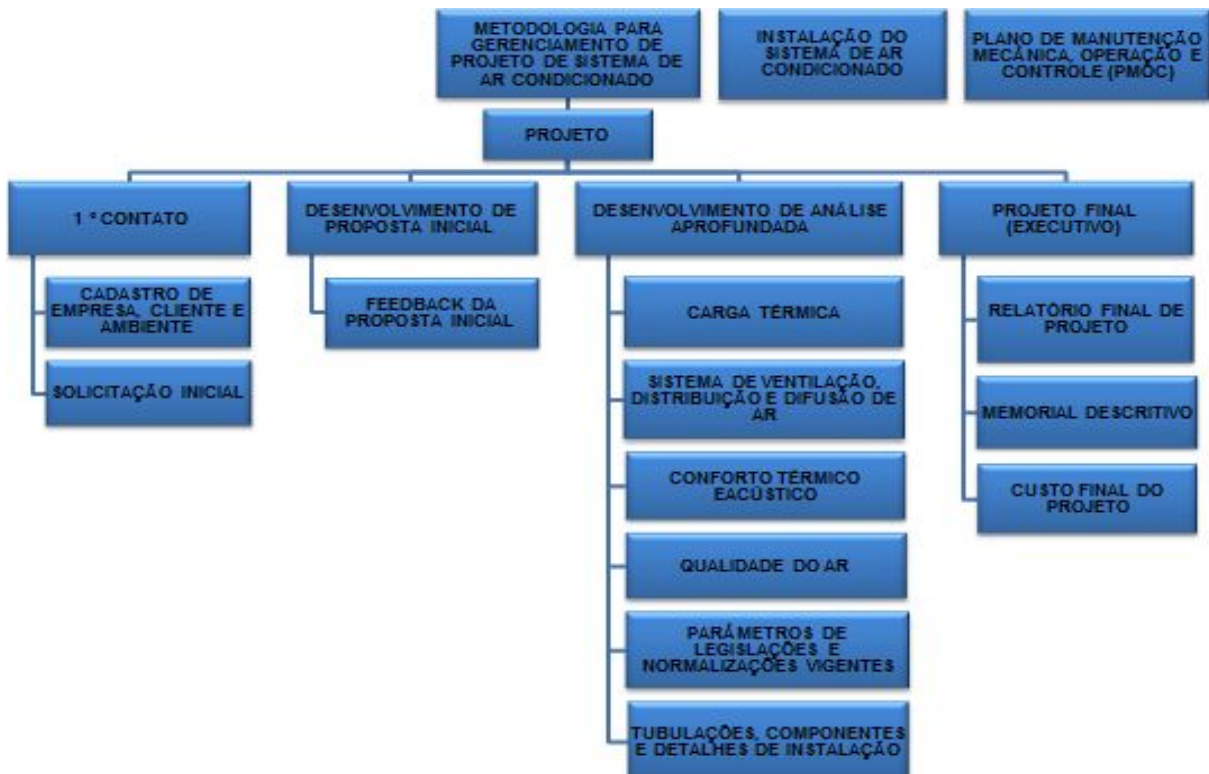


Figura 3 – Metodologia de projeto implementada no corpo e conteúdo ferramenta.
Fonte: Autor.

Após o detalhamento dos módulos dispostos na ferramenta, utilizou-se um exemplo prático retirado do trabalho realizado por Carvalho (2009) para desenvolver o dimensionamento de projeto do ambiente na ferramenta e executar a confrontação e validação (quantitativa e qualitativa) com os resultados obtidos e os respectivos do estudo de Carvalho.

Conforme a especificação geral de Carvalho (2009, p. 45), o ambiente em questão é um quarto residencial, identificado na Figura 4, localizado no hemisfério sul ($12^{\circ}58'16''$ de latitude, ao nível do mar), segundo andar de um prédio de fachada branca e com pé direito de 3 metros. O telhado e o piso são feitos de laje simples com taco, sendo que os andares de cima e de baixo não são condicionados. Os tijolos das paredes são maciços de 0,14 metros de espessura. O quarto abriga iluminação realizada por apenas duas lâmpadas incandescentes de 60 Watts, uma televisão de consumo em torno de 198 Watts, não existem janelas e admite-se ocupação de somente duas pessoas. Os ambientes vizinhos também não são condicionados.

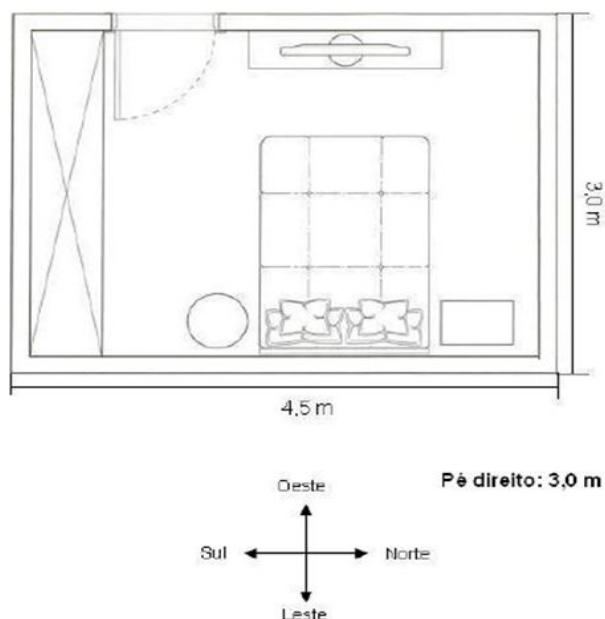


Figura 4 – Detalhes construtivos e característicos do ambiente.
Fonte: CARVALHO (2009, p. 46).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ferramenta estrutura-se em doze módulos, distribuídos em 74 páginas em formato A4 e 1 página em formato A1 (módulo ‘Gerenciamento de Projeto’), os quais oferecem procedimentos de preenchimento de dados e execução de atividades que resultam na realização organizada e progressiva das etapas de projeto.

Devido a grande extensão, torna-se inviável demonstrar toda a ferramenta no presente artigo. Então, apresenta-se, logo abaixo, a explanação sucinta sobre os módulos e seus atributos, assim como figuras representativas que já contemplam o estudo de caso desenvolvido (o qual será comentado mais adiante). Salienta-se que, por se tratar de um ‘cliente fictício’, alguns preenchimentos são apenas valores e dados simbólicos para simular um projeto real.

- ‘Início’: Contém a capa com os espaços para introdução das informações necessárias à designação da micro ou pequena empresa que obter o acesso comercial.

- ‘Informações’: Contempla as informações gerais acerca da ferramenta, legenda e manual de instruções iniciais quanto ao manuseio e preenchimento.

- ‘Gerenciamento de Projeto’: Consolida o processo de gerência, pois acomoda o plano diretriz de trabalho, o qual informa o detalhamento das atividades

necessárias, o cronograma de planejamento e preenchimento (conforme a Figura 5) para controle de atividades e alerta informativo do estágio do projeto e o campo de anotações gerais.

Etapa de Projeto	Responsável pela Execução	Check List	Aprovação	Carga Horária de Trabalho [h]	Data de Entrega	Estágio do Projeto
1º Contato	Engenheiro Responsável e Cliente	Realizado	Aprovado	2	-	11%
Proposta Inicial	Engenheiro Responsável (apresentação e definição posterior com o Cliente)	Realizado	Aprovado	3	-	22%
Feedback da Proposta Inicial	Engenheiro Responsável (apresentação e definição posterior com o Cliente)	Realizado	Aprovado	4	-	33%
Proposta Aprofundada	Engenheiro Responsável (apresentação e definição posterior com o Cliente)	Realizado	Aprovado	10	-	44%

Figura 5 – Parte inicial do cronograma planejado para desenvolver o projeto
Fonte: Autor.

- ‘1º Contato’: Incorpora um vasto campo de preenchimento de dados iniciais e informações requeríveis ao cliente para reconhecimento geral e cadastro do mesmo, do estabelecimento, do ambiente que se deseja climatizar e o local aonde o mesmo se insere, conforme as recomendações do método de Carrier (1992). Prossegue, vide a Figura 6, com coleta de informações, necessidades e exigências do cliente quanto ao ambiente, condições desejáveis para a futura instalação (sob visão técnica e financeira) e brainstorming inicial com os possíveis sistemas viáveis para a aplicação.

Objetivos da Climatização:	
1) Conforto térmico de 2 pessoas no quarto principal de uma residência localizada na cidade de Salvador (BA).	
2) Conforto acústico aos ocupantes no período noturno (descanso).	
3) Fornecimento de ar refrigerado com qualidade relativa à saúde dos ocupantes.	
Deseja refrigeração [R] ou aquecimento [A]?	[R]
Etiquetagem de Eficiência Energética	Qualquer
Tensão Disponível (Rede Elétrica)	110V
Como se classifica o atendimento dos serviços públicos de água, esgoto, gás, energia elétrica?	Regular
Definição da topografia do local:	Relevo acidentado e cortado por vales, mas com predominância de planície na faixa litorânea (Altitude de 8,3 metros - ao nível do mar).
Caracterização da incidência solar perante o ambiente:	Clima Tropical Atlântico.
Condições do meio externo:	Temperatura média anual de 25 °C, precipitações abundantes no ano todo, sem estações secas discerníveis e predominantemente clima quente/úmido.
Caracterização geral das edificações das vizinhanças:	Não é informado pelo cliente.
Tipo de ocupação do ambiente:	Duas (2) pessoas fazem uso, de maneira regular (NOTURNA), do quarta residencial.
Existe exigência(s) específica(s) de autoridades legais? Se sim, quais?	Não
Situação do Ambiente:	
	Ambiente Existente (Alteração do Sistema)

Figura 6 – Campo para coleta de informações iniciais.

Fonte: Autor.

▪ ‘Proposta Inicial’: Conforme a Figura 7, desenvolve a análise inicial, a qual indica o emprego das normalizações exigíveis ao pré-projeto e define, baseando-se em tabelas práticas, as estimativas iniciais das principais variáveis. Em seguida, recomenda a especificação de três possíveis métodos de climatização (sistemas) e a elaboração de um simples croqui do *layout* padrão do sistema para análise e negociação posterior com o cliente.

Normas e Legislações exigidas conforme o ambiente especificado: [NBR 15220, NBR 10151 e NBR 10152 são sempre aplicáveis também]				
Lembrando que:				
Residencial	Comercial	Trabalho	Público	Saúde
NBR 16401-1	NBR 16401-1	NBR 16401-1	NBR 16401-1	NBR 16401-1
NBR 16401-2	NBR 16401-2	NBR 16401-2	NBR 16401-2	NBR 16401-2
NBR 16401-3	NBR 16401-3	NBR 16401-3	NBR 16401-3	NBR 16401-3
NBR 15220	NBR 10080	NR 15-17/NBR 10080	Portaria N° 3523	NBR 7256
Honorários ABRAVA	Honorários ABRAVA	Honorários ABRAVA	Honorários ABRAVA	Honorários ABRAVA

Estimativa de Carga Térmica [TR] e [BTU/h]	#DIV/0!	#DIV/0!	Estimativa [m²/TR]	Área [m²]
				0,0
Critério de Ventilação				
Condições Internas [°C e %]				
Condições Externas (Verão) [°C]				
Condições Externas (Inverno) [°C]				

Figura 7 – Indicação de normalizações e estimativas iniciais.

Fonte: Autor

▪ ‘Feedback da Proposta Inicial’: Complementar à ‘Proposta Inicial’ e demonstrado na Figura 8, requer especificação técnica imparcial referente aos possíveis sistemas, concepção inicial das tubulações necessárias, dutos metálicos (se houver) e orçamento inicial previsto. Ao final, proporciona um estudo informativo que avalia a relação entre custo e benefício de cada solução, para que o cliente possua embasamento técnico e econômico para indicar sua escolha inicial.

Dados Técnicos das Tubulações/Dutos do Sistema			
Bitola Comercial da Tubulação de Cobre [polegada]		(1/4") / (3/8")	
Comprimento de Tubulação de Cobre [m]		7,5 m (padrão Fabricante)	
Desnível entre Compressor/Condensador e Evaporador [m]		2,5 m	
Dimensão do Duto Metálico [mm x mm]		-	
Comprimento Total do Duto Metálico [m]		-	
Lista de Peças, Equipamentos, Materiais e Componentes	Quantidade	Custo Unitário [R\$]	Custo Total [R\$]
Aparelho da Especificação	1	R\$ 1.299,00	R\$ 1.299,00
Unidade Evaporadora	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Difusor Unitário	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Cortina de Ar	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Ventilador Unitário	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Filtro Específico	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Produto de Isolação Térmica	8	R\$ 7,25	R\$ 58,00
Tubulações/Dutos		R\$ 205,00	
Outros		R\$ 0,00	
Orçamento Inicial Estimado [R\$]		R\$ 1.562,00	

Figura 8 – Local dos dados técnicos de tubulações/dutos e previsão de orçamento inicial.
Fonte: Autor.

▪ ‘Proposta Aprofundada’: Compreende a coleta completa dos dados e detalhes construtivos do ambiente a ser climatizado para realização da análise aprofundada, conforme o método proposto por Carrier (1992), as normalizações e Creder (2004), quanto aos dimensionamentos necessários ao ambiente e adequações para cumprimento às normalizações exigíveis. A Figura 9 representa um resumo das variáveis de projeto provenientes dos cálculos de carga térmica e psicrometria.

RESUMO: DADOS E INFORMAÇÕES PARA SELEÇÃO E ESPECIFICAÇÃO POSTERIOR DO SISTEMA/APARELHO DE AR CONDICIONADO	
Potência de Refrigeração Mínima [BTU/h]	7822,4
Vazão-Insuflamento de Ar [m³/h]	391,7
Fator de By-Pass	0,22
T _{ADP} [°C]	10,0
Renovação-Insuflamento de Ar [m³/h]	75,6

Figura 9 – Principais parâmetros de projeto e especificação.
Fonte: Autor.

▪ ‘Projeto Final’: Integrado à ‘Proposta Aprofundada’, fornece espaço para que o usuário insira o projeto detalhado, via programa CAD 2D, em conjunto com o detalhamento de lista, informações, especificações técnico-comerciais imparciais e orçamento (vide Figura 10) de todos os equipamentos e materiais construtivos para a instalação do sistema. Se possível, também existe espaço para demonstração de idealização e simulação 3D, via plataforma capacitada, do sistema de ar condicionado em pleno funcionamento no ambiente.

ORÇAMENTO FINAL			
Designação	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
Aparelho Condicionador de Ar	1	R\$ 1.299,00	R\$ 1.299,00
Filtro de Ar	0		R\$ 0,00
Produto Isolação Térmica	8	R\$ 7,25	R\$ 58,00
Produto Isolação Acústica	1	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Tubulação de Cobre	2	R\$ 102,50	R\$ 205,00
Tubulação de Dreno	1	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Calhas/Eletrodutos de Sistema Elétrico	0		R\$ 0,00
Cortina de Ar	0		R\$ 0,00
Suporte Mecânico de Fixação	1	R\$ 95,00	R\$ 95,00
Duto	0		R\$ 0,00
Dispositivo de Regulagem em Dutos	0		R\$ 0,00
Registro Corta-Fogo/Fumaça em Dutos	0		R\$ 0,00
Difusor de Ar	0		R\$ 0,00
Motor Elétrico	0		R\$ 0,00
Ventilador	0		R\$ 0,00
Exaustor	0		R\$ 0,00
Unidade Evaporadora Independente	0		R\$ 0,00
Unidade Condensadora Independente	0		R\$ 0,00
Dispositivo/Controlador Eletrônico	0		R\$ 0,00

Figura 10 – Orçamento de projeto executivo.
Fonte: Autor.

▪ ‘Relatório Final’: Atrelado aos dois anteriores, estabelece espaço para contribuir com relatório técnico e econômico sobre parâmetros do sistema projetado, a exemplo do estudo da carga térmica apresentado na Figura 11, apresentação resumida das principais características de engenharia do sistema projetado e relatório informal com recomendações gerais.

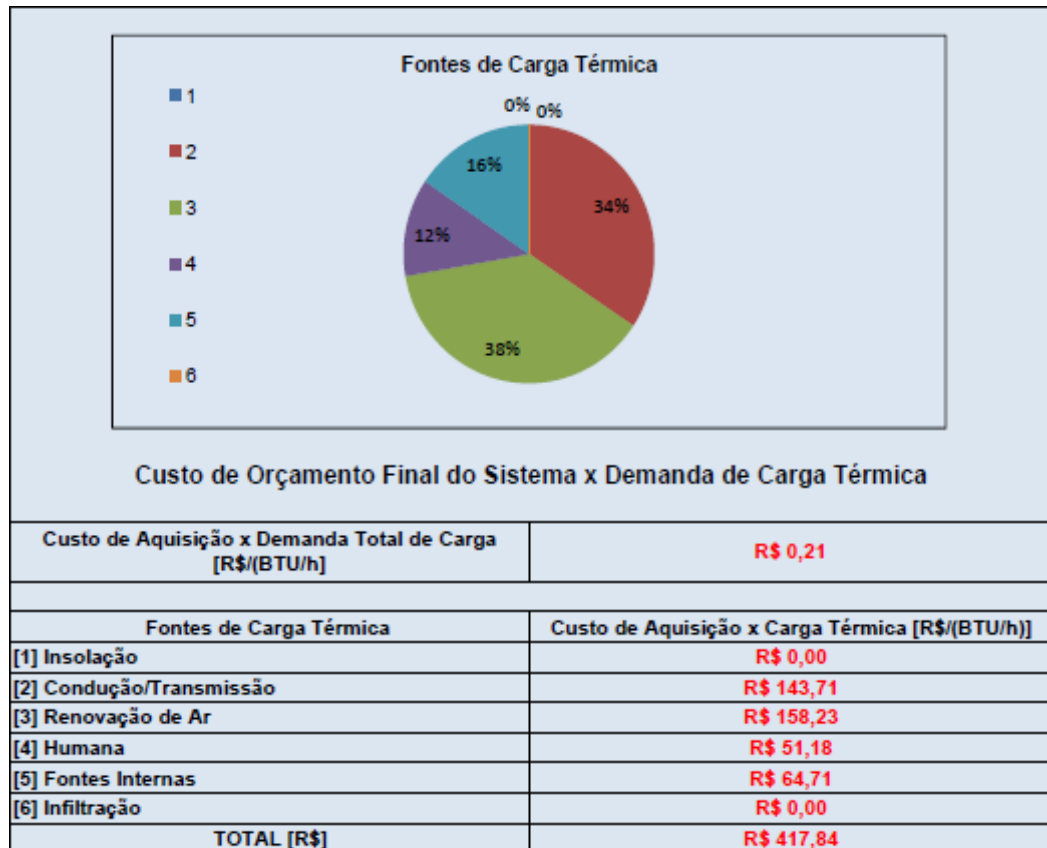


Figura 11 – Análise da carga térmica sob ponto de vista técnico e econômico.

Fonte: Autor.

▪ ‘Honorários de Projeto’: Fornece, de acordo com a Metodologia Abrava (2014), a definição e preenchimento dos parâmetros (a Figura 12 demonstra alguns) que calculam a remuneração que o usuário deve reivindicar pelo projeto executivo e, adicionalmente, os custos relativos à emissão de ART e pessoais de mão-de-obra (opcional).

Custo da tonelada de refrigeração base [R\$/TR]	R\$ 4.725,00
Densidade média de carga térmica [m ² /TR]	20,0
Fator de margem de seleção (definido pela diferença entre a carga térmica e a capacidade nominal dos condicionadores)	1,20
Área beneficiada da aplicação [m ²]	13,50
Fator de aplicação	2,00
Fator de repetição	1,00
Área corrigida [m ²]	27,00

Figura 12 – Parte inicial de preenchimento dos parâmetros do cálculo de honorário de projeto.

Fonte: Autor.

▪ ‘Memorial Descritivo’: Espaço para descrição geral das instalações e suas atribuições, as premissas de cálculo, justificativa das soluções adotadas, serviços e

responsabilidades referentes ao responsável pelo projeto, à empresa instaladora e o cliente.

10.0 Serviços e encargos por conta da Contratante:	
1) Os referentes a eletricidade, força, conduítes, condutores e enfição até a casa de máquinas;	
2) Os referentes à hidráulica, para drenagem com os acessórios;	
3) Os referentes a construção civil, base, sala de máquinas, aberturas, e fechamento de rasgos e buracos;	
4) Os referentes a pintura e revestimentos;	
5) Os referentes a teto rebaixado em gesso ou outro material;	
6) Força, luz, andaimes durante a instalação, transporte interno na obra, local fechado para guarda de ferramentas e materiais;	
7) Seguro dos equipamentos entregues na obra;	
8) Os encargos adicionais se, por ordem de obra, os serviços não puderem ser executados em horas normais de expediente;	
Local e data (fictício)	
Local e data	
Assinatura (fictícia)	
Assinatura do Projetista Técnico Responsável	
CREA:	

Figura 13 – Parte final do memorial descritivo de projeto.
Fonte: Autor.

▪ ‘Aprovação Final de Projeto’: Local para realização de avaliação completa, do usuário e seu cliente, quanto ao projeto e as impressões finais, para tornar possível o registro de histórico que pode servir em futuros projetos.

Prosseguindo, com base na estruturação da ferramenta, desenvolveu-se o projeto referente ao estudo de caso. O projeto foi exibido, em partes, pelas figuras anteriores e as Tabelas 1 e 2 apresentam o resumo com todos os parâmetros físicos e técnicos resultantes que colaboram no exercício de análise subsequente.

Analisando a Tabela 1, a qual confronta os dados resultantes na ferramenta somente com o cálculo detalhado de Carvalho (2009), apesar do cálculo de carga térmica na ferramenta ter obtido um valor total menor (**7822,4 BTU/h** < 8542,0 BTU/h), a diferença é relativamente pequena. Enquanto a renovação de ar é

praticamente a mesma, percebe-se que a vazão de ar total contempla certa variação de valores ($391,7 \text{ m}^3/\text{h} < 520,9 \text{ m}^3/\text{h}$). Justifica-se a carga térmica mais baixa e o pequeno desvio no valor das vazões de ar com duas possibilidades: devido ao estudo de caso ser direcionado para o conforto térmico no período noturno (coleta e uso de parâmetros diferentes conforme as tabelas do método Carrier), pois os ocupantes realmente usufruem o ambiente nesse período, e a provável existência de pequenas discrepâncias embutidas nos dados e cálculos da carta psicrométrica (realizados manualmente, em detrimento ao estudo de Carvalho que utilizou *software* específico). Apesar da variação demonstrada, considera-se que a vazão de ar não influencia significativamente no resultado final, conforme as especificações técnicas realizadas.

Tabela 1 – Base de Dados da Confrontação dos Resultados Obtidos – Parte 1.

PROJETO	Ferramenta de Apoio	Cálculo Detalhado com Método Carrier
Carga Térmica Estimada de Pré-Projeto [BTU/h]	8100,0	
Carga Térmica [BTU/h]	7822,4	8542,0
Vazão de Ar [m³/h]	391,7	520,9
Vazão Renovação de Ar [m³/h]	75,6	70,0
Fator de <i>By-Pass</i>	0,22	0,18
TADP [C°]	10,0	12,2
Especificação Técnica	Ar Condicionado Split Janela (Piso-Teto) 9000 BTU/h Elgin Compact	Aparelho de Janela Convencional (Miniflex) Carrier 10000 BTU/h ou Aparelho Split 9000 BTU/h (Springer Miniflex, Carrier ou Maxiflex)

Fonte: Autor.

Adiante, baseando-se na Tabela 2 que confronta a ferramenta com os cálculos simplificados (por catálogo e simulações virtuais) e considerando que o estudo de Carvalho (2009) especifica três opções de aparelhos, no total, sendo todos com

potência de refrigeração maior ou igual ao aparelho especificado no desenvolvimento da ferramenta (12000 BTU/h > 10000 BTU/h > 9000 BTU/h), pode-se julgar que a ferramenta viabilizou certa economia nos custos de aquisição e operação (economia de energia elétrica através da potência de refrigeração adequada) com dimensionamento de carga térmica coerente às exigências do ambiente e necessidades do cliente.

Tabela 2 – Base de Dados da Confrontação dos Resultados Obtidos – Parte 2.

PROJETO	Ferramenta	Método Proposto pelo Catálogo Carrier	Programa de Simulação Virtual 1	Programa de Simulação Virtual 2
Carga Térmica [BTU/h]	7822,4	11200,0	8577,0	11400,0
Especificação Técnica	Ar Condicionado Split Janela (Piso-Teto) 9000 BTU/h Elgin Compact	Aparelho de Janela Convencional Springer Miniflex 12000 BTU/h	Os mesmos mencionados no Cálculo Detalhado com Método Carrier	Não realiza especificação técnica

Fonte: Autor.

Adicionalmente, é notável que a ferramenta possibilita ao responsável a execução de gerenciamento de projeto, acompanhamento de atividades, especificações técnicas completas, listagem de materiais, orçamentos, cálculo de custo final exigível, elaboração de memorial descritivo, entre outros itens que não estão abordados nessa seção por não possuírem base de confrontação em outros estudos. Portanto, prova-se o valor da mesma, pois possui inúmeras funções diferentes habilitadas que, agrupadas, constroem um projeto completo de forma multidisciplinar.

Ressalta-se também que o desenvolvimento da ferramenta em formato de paginação permite a impressão em forma de relatórios, os quais podem ser demonstrados, entregues e debatidos com o contratante. Devido ao conteúdo implementado, pode-se considerar que tais relatórios possuem potencial para fornecer, com clareza e objetividade, conteúdo técnico que viabilize melhor acompanhamento, percepção e consequente escolha e satisfação do cliente. Tal

função, inclusive, possibilita o próprio preenchimento manual de alguns dados nos locais de encontro pessoal ou até mesmo no estabelecimento que contemplará o sistema projetado.

Por fim, vale a observação de que até mesmo o pré-projeto demonstrou-se eficiente, pois a estimativa de carga térmica, fundamentada em tabela prática de climatização, foi próxima aos resultados obtidos nos cálculos detalhados (7822,4 BTU/h < **8100 BTU/h** < 8542,0 BTU/h), fato que ratifica a importância das etapas iniciais.

4 CONCLUSÃO

Após a confrontação e análise dos resultados obtidos entre o estudo de caso desenvolvido na ferramenta e o estudo realizado pela referência bibliográfica indicada, comprova-se que os parâmetros físicos e técnicos resultantes em ambos foram convergentes.

Portanto, os engenheiros responsáveis de micro e pequenas empresas que conquistarem autorização posterior para acesso à ferramenta, não só estarão equipados com um auxílio de fácil manuseio e compreensão, mas também capacitados a gerenciar e desenvolver projetos e soluções eficientes, para ambientes de pequeno e médio porte, com suporte e recomendações para realização de dimensionamentos coesos, imparcialidade, simplicidade, organização e qualidade.

Para o futuro, é necessário desenvolver um estudo de “comissionamento”, ou seja, fornecer a ferramenta para que seja aplicada em empresas autorizadas e, posteriormente, avaliada via *feedback* em quesitos técnicos e funcionais. Adicionalmente, deve-se prosseguir com atualizações pontuais e contínuas que contemplem melhorias, correções, maior automação e abrangência de conteúdo.

DEVELOPMENT OF A SUPPORT TOOL FOR PROJECT MANAGEMENT AND SYSTEM DESIGN OF AIR CONDITIONING

Abstract: The article develops a structured tool in spreadsheet, easy to use and affordable platform, which aims to help micro and small sector companies to manage projects and scale of small and medium sized air conditioning systems. The main objective is to facilitate the entry of these companies in the current market with the development of quality projects and,

consequently, competition with larger companies that use robust software. The suggested design methodology and used in the body of the tool is based on literature review of regulatory brazilian regulations, legislation, specialized bibliographies on the theme, guidelines and information extracted engineers with experience in the field. Implements the spreadsheet through the aforementioned methodology and defines the use of the practical example adopted by Carvalho study (2009), which uses a residential room to calculate thermal load by different methods and specify devices, to the tool operational validation. After developing the full HVAC project residential room in the tool, takes place the confrontation of data. Quantitatively, the results on the thermal load calculation in the tool and the detailed calculation Carvalho study (2009) are, respectively, 7822,4 BTU/h 8542,0 BTU/h, demonstrating the potential to provide savings due to the thorough calculation and accurate thermal load and subsequent lower demand for cooling power. Qualitatively, there is the offering of a variety of multi-disciplinary functions, grouped, enables the development of projects with efficiency and quality. Therefore, it is concluded that the tool is able to authorized provision and subsequent application in practice supply companies.

Keywords: Structured Tool. Micro and Small Enterprises. Air Conditioning Systems. Regulatory Standards Brazilian. Project.

REFERÊNCIAS

ARTECH. **Dicas e Novidades: Importância do Projeto de Ar Condicionado.**

Disponível em: <<http://www.artechsp.com.br/post-with-classic-grid-collection-newsletter-form/>>. Acesso em: Julho, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-1: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 1: Projetos das Instalações.** Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 16401-2: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2: Parâmetros de Conforto Térmico.** Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 16401-3: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 3: Qualidade do Ar Interior.** Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações.** Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 10080: Instalações de Ar Condicionado para Salas de Computadores.** Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 7256: Tratamento de Ar em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) – Requisitos para Projeto e Execução das Instalações.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico.** Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO. **Importância do Ar Condicionado no Desenvolvimento da Sociedade.** Disponível em: <<http://www.abrava.com.br/ar-condicionado-e-vital-para-o-desenvolvimento-da-sociedade>>. Acesso em: Julho, 2016.

_____. **Metodologia para Avaliação dos Honorários para Projetos, Assessoria Técnica e Consultoria em Sistemas de Ar Condicionado, Aquecimento, Ventilação e Exaustão Mecânica.** Departamento Nacional de Empresas Projetistas e Consultores, 2014.

_____. **Departamentos Nacionais: Projetistas e Consultores - Porque Contratar um Projeto de Climatização.** Disponível em: <<http://www.abrava.com.br/porque-contratar-um-projeto>>. Acesso em: Julho, 2016.

BRASIL. Portaria N° 3.523, de 28 de Agosto de 1998. **Ministério da Saúde.** Poder Executivo, Brasília, DF.

CÂNDIDO, Roberto et al. **Gerenciamento de Projetos.** 1ª Edição. Curitiba: Aymar, 2012.

CARRIER. **Cronologia da História de Carrier: 1876-1902.** Disponível em: <<http://www.williscarrier.com/1876-1902.php>>. Acesso em: Julho, 2016.

CARRIER, Willis H. **Handbook of Air Conditioning System Design.** 1ª Edição. McGraw-Hill Book Company: Nova Iorque, 1992.

CARVALHO, Leonardo Sousa. **Estudo comparativo entre carga térmica detalhada e simplificada para climatização ambiental.** 2009. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

CREA-DF. **Sociedade: Explicação sobre a Anotação de Responsabilidade Técnica**. Disponível em: <<http://www.creadf.org.br/index.php/template/lorem-ipsam/o-que-e-art>>. Acesso em: Agosto, 2016.

CREDER, Hélio. **Instalações de Ar Condicionado**. 6ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

CONSULTERMO. **Porque Contratar: Porque Contratar um Projeto**. Disponível em: <<http://projetoearcondicionado.wordpress.com/porque-contratar-um-projeto>>. Acesso em: Julho, 2016.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA SOCIAL. **NR 15 – ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES – ANEXO N° 12 – LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA POEIRAS MINERAIS**. Brasil, 1991.

_____. **NR 17 – ERGONOMIA**. Brasil, 1978.

BRASIL. Portaria N° 3.523, de 28 de Agosto de 1998. **Ministério da Saúde**. Poder Executivo, Brasília, DF.

PMBOK® Guide. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. Third Edition, 2004. Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299.

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