

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Milene Souza Viegas

**ANÁLISE DO IMPACTO DE CUSTO DA INSTALAÇÃO DE
INFRAESTRUTURA PARA O SISTEMA DE CALEFAÇÃO POR
RADIADORES: ESTUDO DE CASO DE UM APARTAMENTO DE
ALTO PADRÃO EM PORTO ALEGRE.**

Porto Alegre

Janeiro 2018

MILENE SOUZA VIEGAS

**ANÁLISE DO IMPACTO DE CUSTO DA INSTALAÇÃO DE
INFRAESTRUTURA PARA O SISTEMA DE CALEFAÇÃO
POR RADIADORES: ESTUDO DE CASO DE UM
APARTAMENTO DE ALTO PADRÃO EM PORTO ALEGRE.**

Trabalho de Diplomação apresentado à Comissão de Graduação do
Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Cristiane Sardin Padilla de Oliveira
Relatora: Luciani Somensi Lorenzi

Porto Alegre

Janeiro 2018

MILENE SOUZA VIEGAS

**ANÁLISE DO IMPACTO DE CUSTO DA INSTALAÇÃO DE
INFRAESTRUTURA PARA O SISTEMA DE CALEFAÇÃO
POR RADIADORES: ESTUDO DE CASO DE UM
APARTAMENTO DE ALTO PADRÃO EM PORTO ALEGRE.**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação (COMGRAD) da Engenharia Civil na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, janeiro de 2018

Prof.a Cristiane Sardin Padilla de Oliveira
Dra pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

BANCA EXAMINADORA

Prof.a Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)
Dra pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.a Luciani Somensi Lorenzi (UFRGS)
Dra pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Maurício Carvalho Ayres Torres (IMED)
Dr pela Universidad Politécnic de Catalunya

Dedico este trabalho a meus pais, Milton e Leonice, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Professora Cristiane Sardin Padilla de Oliveira, orientadora deste trabalho, pela total dedicação na condução do desenvolvimento do meu estudo e por estar sempre disponível para debates e críticas que agregaram conteúdo ao trabalho.

Agradeço aos meus pais, Leonice Souza Viegas e Milton Fernando Viegas, que são minhas motivações para seguir sempre adiante, crescer e vencer todos os obstáculos, e que estiveram sempre presentes me apoiando nos momentos mais difíceis no decorrer de toda a graduação.

Agradeço ao meu irmão Milton Fernando Viegas Junior, que mesmo distante fisicamente, sempre foi meu exemplo de dedicação e persistência.

Agradeço ao meu noivo Gustavo Sperotto, pelo seu empenho incansável em me ajudar na resolução de problemas, tanto profissionais quanto pessoais e estar sempre disposto a me proporcionar momentos de extrema felicidade e plenitude.

Agradeço a Construtora Melnick Even e seus profissionais que me auxiliaram no estudo, disponibilizando dados indispensáveis para a execução deste trabalho.

Agradeço a todos os demais profissionais, que de alguma forma contribuíram com seu conhecimento, complementando as referências para desenvolvimento do estudo de caso proposto.

O pessimista queixa-se do vento, o otimista espera que ele
mude, o realista ajusta as velas.

William George Ward

RESUMO

Este trabalho consiste em um estudo de caso, na abordagem de um problema específico, caracterizado pela quantificação, através de dados reais do percentual do custo das instalações de infraestrutura do sistema de calefação por radiadores em relação ao custo total de um apartamento de alto padrão na cidade de Porto Alegre. O termo custo remete ao preço gasto, tanto para a instalação do sistema de calefação, quanto para a execução total da unidade em estudo. O estudo de caso desenvolvido contribui para uma melhor compreensão dos valores a serem investidos com a finalidade de melhorar o conforto térmico na unidade em questão e assim, além da satisfação dos usuários, proporcionar valorização ao imóvel, quando comparado a outras edificações de mesmo padrão, sem este diferencial.

A partir do embasamento com a revisão da literatura que inicialmente aborda a conceituação do termo conforto térmico e o diferencia do termo apresentado na NBR 15.575 – Norma de Desempenho que se refere ao desempenho térmico, e através da identificação e caracterização dos diferentes sistemas de calefação, com base em dados de orçamento fornecidos pela construtora responsável pelo empreendimento em que se encontra o apartamento do estudo de caso, faz-se a análise do custo do investimento, com as instalações de infraestrutura do sistema de calefação, frente à valorização do produto, ou seja, o quanto o preço gasto na instalação do sistema é relevante para o preço final do imóvel, que inclui além dos gastos (custo do imóvel).

Palavras-chave: Infraestrutura. Calefação. Radiadores. Custo. Conforto Térmico. Norma de Desempenho.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Delineamento de pesquisa | 19 |
| Figura 2 – Exemplos de estudos em câmaras climatizadas | 22 |
| Figura 3 – Exemplos de estudos de campo realizados em ambientes reais | 23 |
| Figura 4 – Representação esquemática das condições necessárias à obtenção de conforto térmico | 24 |
| Figura 5 – Exemplo de caldeira a gás com termostato | 28 |
| Figura 6 – Exemplo de radiador integrado ao ambiente | 29 |
| Figura 7 – Exemplo de convector integrado ao ambiente | 29 |
| Figura 8 – Exemplo de equipamento <i>fan-coil</i> | 31 |
| Figura 9 – Exemplo de instalação de piso radiante | 32 |
| Figura 10 – Fachada lateral do empreendimento | 34 |
| Figura 11 – Corte esquemático das torres | 35 |
| Figura 12 – Planta baixa do nível do apartamento 302 da torre B | 36 |
| Figura 13 – Bobina de tubo de alumínio multicamada | 37 |
| Figura 14 – Detalhe do projeto com os diâmetros e percurso de parte da tubulação | 38 |
| Figura 15 – Esquema do radiador italiano | 39 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Escala de sensações de 7 pontos | 23 |
|--|----|

CLISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Tabela de preços residencial de gás natural | 40 |
| Tabela 2 - Divisão de grupos do orçamento | 41 |
| Tabela 3 – Comparação do custo total do empreendimento com o custo do apartamento sem calefação (área privativa) | 42 |
| Tabela 4 – Orçamento de material e mão de obra para instalações de infraestrutura para o sistema de calefação por radiadores | 43 |
| Tabela 5 – Comparação do custo total do empreendimento com o custo do apartamento com calefação (área privativa) | 44 |
| Tabela 6 –Distribuição de áreas privativas dos apartamentos | 45 |
| Tabela 7 – Comparação do custo total do empreendimento com o custo do apartamento sem calefação (área privativa e não privativa) | 46 |
| Tabela 8 – Comparação do custo total do empreendimento com o custo do apartamento com calefação (área privativa e não privativa) | 47 |
| Tabela 9 – Comparação do custo total do empreendimento com o custo da infraestrutura para o sistema de calefação, para as 26 unidades do empreendimento | 47 |
| Tabela 10 – Resumo das análises | 48 |

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABS – Acrilonitrilo Butadieno Estireno

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers

CAU – Conselho de Arquitetura e Urbanismo

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas

ISO – International Organization for Standardization

NBR – Norma Brasileira

NR – Norma Reguladora

PEX – Polietileno Reticulado

PMV – Predicted Mean Vote

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

°C – Grau Celsius

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 DIRETRIZES DA PESQUISA | 16 |
| 2.1 QUESTÃO DA PESQUISA | 16 |
| 2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA | 16 |
| 2.2.1 Objetivo principal | 16 |
| 2.2.2 Objetivos secundários | 17 |
| 2.3 PRESSUPOSTO | 17 |
| 2.4 DELIMITAÇÕES | 17 |
| 2.5 LIMITAÇÕES | 18 |
| 2.6 DELINEAMENTO | 18 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 21 |
| 3.1 CONFORTO TÉRMICO | 21 |
| 3.2 NORMA DE DESEMPENHO | 25 |
| 3.3 CALEFAÇÃO | 26 |
| 4 ESTUDO DE CASO: DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CALEFAÇÃO ADOTADO | 33 |
| 4.1 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO ESTUDADO | 33 |
| 4.2 SISTEMA DE CALEFAÇÃO EXECUTADO | 36 |
| 5 ORÇAMENTO | 41 |
| 5.1 ANÁLISES DO ORÇAMENTO DE CALEFAÇÃO POR RADIADORES | 42 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 48 |
| 6.1 CONCLUSÕES | 49 |
| 6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 50 |
| REFERÊNCIAS | 51 |

1 INTRODUÇÃO

A calefação é um sistema de aquecimento para ambientes fechados, muito comum em países de clima frio. Não obstante, apesar de o Brasil possuir estados que se assemelham a climas de países europeus, atingindo temperaturas, por vezes, negativas durante o inverno, não é comum vermos esse sistema instalado em residências brasileiras. Entretanto, visando à busca pelo conforto térmico e qualidade de vida, a calefação vem sendo disseminada, em obras residenciais, comerciais e principalmente no setor hoteleiro.

Nos estudos da termodinâmica, calefação é o processo físico nomeado como Efeito de Leidenfrost, onde o líquido é impedido de evaporar rapidamente, resultando na irradiação do calor.

A calefação hidráulica é a evolução do processo de aquecimento de ambientes, primordialmente feito através do fogo, a fim de gerar conforto térmico, que por sua vez, preocupa-se com o bem-estar do homem, intentando um ambiente adequado, sem sensações extremas desagradáveis, frio ou calor. Este termo pode ser definido como uma condição de sentir satisfação com relação ao ambiente em que a pessoa se encontra, ou seja, trata-se de um conceito subjetivo.

Em 19 de julho de 2013, passou a vigorar a Norma de Desempenho de Edificações – NBR 15575. Em contraponto ao termo conforto, a Norma publicada pela ABNT estabelece parâmetros técnicos mínimos para caracterizar o desempenho térmico de uma edificação, dentre outros requisitos. Na parte 1 da Norma, define-se zona bioclimática como a região geográfica homogênea em relação aos elementos climáticos que interferem na validação do desempenho térmico de uma edificação, e classifica a cidade de Porto Alegre, em seu anexo 3, como pertencendo a zona bioclimática 3, e então estabelece diretrizes construtivas para edificações que se enquadram nesta zona, entretanto, não é citado a necessidade do uso de calefação, visto que este sistema pode ser utilizado para proporcionar mais conforto térmico aos usuários, mas não para definir o desempenho térmico da edificação, que deve ser atingido pelo sistema construtivo por si só.

Com o intuito de alcançar um público seletivo e exigente, algumas construtoras no Brasil, buscam não apenas atingir padrões mínimos de desempenho estipulados pela Norma de Desempenho, mas sim, atribuir ao seu produto, o imóvel, características diferenciadas, onde seus métodos construtivos e sistemas instalados oferecem ao cliente, maior bem-estar, comodidade e satisfação.

Tencionando-se obter uma relação entre o custo total da instalação de infraestrutura para o sistema de calefação por radiadores em um apartamento de alto padrão em Porto Alegre e o custo total da execução deste imóvel, através de dados de orçamento fornecidos pela construtora executante do apartamento, faz-se o embasamento teórico do sistema a ser quantificado e de termos associados ao assunto em questão.

A história da valorização imobiliária no Brasil iniciou nos anos 70, onde se tinha como parâmetro para preços uma série histórica de dados nomeada Índice Fipe-Zap, que se trata de uma tabela elaborada pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE) e pelo portal de classificados de imóveis, Zap. Os gráficos gerados pelo índice indicam dados desde 1979 em que o valor dos imóveis nunca decaiu, apesar de nos anos 90 o Brasil ter enfrentado grande inflação, os imóveis valorizavam acima da inflação. Entretanto, apesar da crescente valorização, dados indicam que nos últimos 35 anos os imóveis valorizaram apenas 1,23 % ao ano¹.

Atualmente, muitos fatores devem ser levados em consideração para a análise da valorização de um imóvel. Para os mais leigos o mais relevante é a localização, entretanto, em consulta com profissional que atua no mercado imobiliário há cerca de 20 anos, muitos outros aspectos são considerados no preço final². Por vezes o propósito a que é destinado o imóvel tem alguns pontos valorizados mais que outros, por exemplo, para um apartamento a ser alugado, os acabamentos contam muito para o inquilino. Por outro lado, para um imóvel a ser vendido, as instalações, tanto da unidade quanto do empreendimento em que se localiza, são elementos que agregam valor. Com uma análise do mercado imobiliário, e com base na experiência de profissional do ramo, como parte do fecho é avaliada a valia do investimento quando da

¹ O site RExperts apresenta dados da tabela FIPE-Zap e explica através da série histórica, a pequena valorização dos imóveis ao ano (REXPERS, 2017)

² Em entrevista com a corretora de imóveis Juslaine Blass, ela ressalta os aspectos positivos que podem enriquecer o preço de um imóvel.

instalação da infraestrutura para o sistema de calefação, mediante o impacto de valorização do imóvel.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DA PESQUISA

Qual o acréscimo do custo em percentual que a instalação de infraestrutura para o sistema de calefação por radiadores apresenta no custo total de um apartamento de alto padrão em Porto Alegre? Este percentual de aumento é válido quando mensurado em relação à valorização do produto?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho consiste em inferir através de dados reais, o percentual do custo da infraestrutura para o sistema de calefação por radiadores, em relação ao custo total de um apartamento de alto padrão na cidade de Porto Alegre e analisar de forma crítica o impacto deste investimento frente à valorização do produto.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) Caracterizar o termo conforto térmico;
- b) Identificar e caracterizar os diferentes tipos de sistemas de calefação;
- c) Analisar o impacto do custo da instalação do sistema de calefação por radiadores, se instalado em todas as unidades do empreendimento.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto o válido investimento mensurado em relação à valorização do imóvel, feito em um apartamento de alto padrão em Porto Alegre quando da execução das instalações de infraestrutura para o sistema de calefação por radiadores. Além disso, pressupõe-se que todos os sistemas de calefação existentes proporcionam melhoria do conforto térmico das edificações, de acordo com informações de fornecedores dos sistemas. Ressaltando-se que o desempenho térmico, tratado em Norma, deve ser tangível por si só, através do sistema construtivo, sem o uso de equipamentos externos, como por exemplo, calefadores.

2.4 DELIMITAÇÕES

O estudo de caso do impacto de custo delimita-se a um apartamento de alto padrão na cidade de Porto Alegre, em uma edificação vertical, com estrutura convencional de concreto moldado *in loco* e vedações de blocos cerâmicos. A pesquisa complementar, delimita-se aos sistemas de calefação utilizados no Brasil. O trabalho consiste em estudos e análises de registros bibliográficos e dados fornecidos por empresas que trabalham com os sistemas de calefação. Por vez, a análise crítica de viabilidade da instalação da infraestrutura para o sistema de

calefação por radiadores, frente a valorização do imóvel, foi elaborada através de consulta realizada com profissional do mercado imobiliário da cidade de Porto Alegre, com vasta experiência em imóveis de alto padrão, como o mencionado no estudo de caso em questão, isto pois, para a diligência deste tema, não se encontrou variada bibliografia técnica.

2.5 LIMITAÇÕES

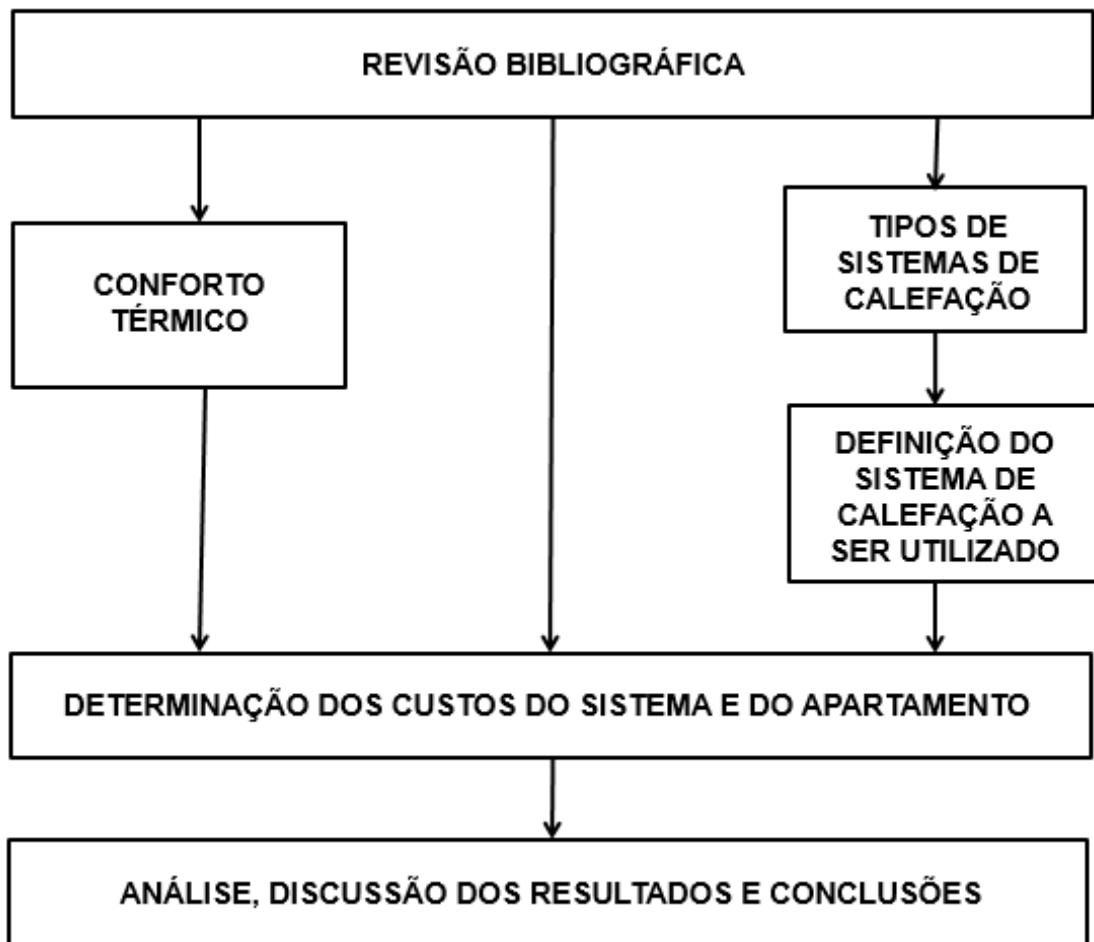
O trabalho realizado limita-se a análise do orçamento de uma unidade de alto padrão em Porto Alegre e a dados dos sistemas de calefação para comprovação da validade do investimento do sistema, entretanto, não será comprovado o atendimento dos sistemas e da edificação em questão quanto aos requisitos apresentados na Norma de Desempenho, visto que, é citado na mesma, a análise computacional dos dados de medição. Não é tratado neste estudo sobre infiltração de ar por aberturas, relevantes para a eficácia do sistema.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas a seguir, conforme a figura em anexo e discriminadas nos próximos itens.

- a) Revisão bibliográfica;
- b) Caracterização do item conforto térmico e apresentação na Norma de Desempenho para Edificações no que se remete a este assunto;
- c) Caracterização dos tipos de sistemas de calefação existentes no Brasil;
- d) Determinação do custo da infraestrutura para o sistema de calefação por radiadores no apartamento do estudo de caso e comparativo com o custo total para execução da unidade;
- e) Análise e discussão dos resultados
- f) Conclusão

Figura 1 – Delineamento de pesquisa



(fonte: própria da autora, 2017)

A primeira etapa desenvolvida é a revisão bibliográfica, que aprofunda o conhecimento sobre os assuntos tratados através de dados bibliográficos, tais como, os tipos de sistemas de calefação, conceitos e parâmetros estabelecidos pela Norma de Desempenho e conceitua especificamente o item tratado na Norma para desempenho térmico e o diferencia do termo conforto. Esta atividade se faz presente durante todo o período de desenvolvimento do estudo.

O passo seguinte é a quantificação do custo das instalações de infraestrutura para o sistema de calefação por radiadores, através do estudo de caso de um imóvel de alto padrão localizado em Porto Alegre, e o comparativo em percentual da relação deste custo frente ao custo total para a execução do apartamento.

De posse do material resultante das etapas anteriores são feitas as análises críticas, referentes aos sistemas de calefação existentes e ao custo da infraestrutura para o sistema de calefação mencionado no estudo de caso.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONFORTO TÉRMICO

A busca pelo conforto térmico nas edificações está intimamente ligada à procura por bem-estar, comodidade e satisfação. Em sua monografia, Luizetto (2014, p. 19) cita como parâmetros para caracterizar o ambiente térmico e conforto, as variantes temperatura, umidade, temperatura média radiante, velocidade do ar, nível de atividades e resistência térmica do vestuário, parâmetros estes mencionados, segundo ele, por Fanger (1970). De acordo com Lamberts (2016, p. 3) conforto térmico é subjetivo, dependendo principalmente de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos e a importância de seu estudo está baseada na satisfação e performance humana, além da conservação de energia. Entretanto, a arquitetura das edificações deve oferecer condições climáticas internas que propiciem conforto térmico humano, independente das condições climáticas externas, conforme lembrado por Frota e Schiffler (2000, p. 15).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, define o termo conforto térmico como um estado de espírito que expressa a temperatura do corpo como um todo, sofrendo influências fisiológicas e psicológicas das pessoas (ABNT NBR 16401-2, 2016, p.2). Em outro âmbito, a American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) determina que o ambiente deve apresentar condições térmicas que satisfaçam no mínimo 80 % dos ocupantes e caracteriza conforto térmico como “o estado mental que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda” (AKUTSU; SATO; PEDROSO, 1987, p. 5).

A capacidade humana termorreguladora, possibilita a manutenção da temperatura corporal interna, relativamente constante, quando não exposta a situações extremas. Conforme citado por Frota e Schiffler (2000, p. 15), a sensação de conforto térmico do indivíduo se dá quando as trocas de calor do seu corpo com o ambiente ocorrem sem muito esforço. A partir do momento em que há diferenças relevantes entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente, gera-se a insatisfação com o mesmo, que se dá pela sensação de desconforto

causada pelo frio ou pelo calor (LAMBERTS, 2016, p. 4). Este fenômeno é explicado pela teoria de transferência de calor, já na norma internacional ISO 7730, o modelo presente é o desenvolvido por Fanger , “estado estacionário” ou “permanente”, que assume que um corpo em equilíbrio com o ambiente não possui acúmulo de calor em seu interior, atingindo a condição de neutralidade térmica, que de acordo com ele é definida como “a condição na qual uma pessoa não prefira sentir nem mais calor nem mais frio no ambiente ao seu redor” (FANGER, 1970).

A “máquina humana” tem um rendimento muito baixo, apenas cerca de 20 % da energia adquirida com as transformações químicas que ocorrem no organismo, é transformada em potencialidade de trabalho, os restantes 80 % são transformados em calor, o qual é utilizado nas trocas com o ambiente a fim de manter o equilíbrio com o mesmo, ou seja, manter a temperatura (FROTA; SCHIFFER, 2000, p. 19).

Além dos parâmetros citados anteriormente, outra variável relevante é a zona de resposta fisiológica e comportamental das pessoas, que está relacionada às condições a que estiverem submetidas e à atividade que estiverem desempenhando (LAMBERTS, 2016, p. 8). A metodologia para caracterizar a condição térmica aceitável baseia-se em uma porcentagem específica de ocupantes satisfeitos com o conforto, e os valores de temperatura associados a isso (LUIZETTO, 2014, p. 31).

A avaliação do conforto térmico pode ser obtida através do estudo de dois conceitos: o primeiro baseado no balanço térmico corporal, abordagem estática e o segundo com uma abordagem adaptativa (LAMBERTS, 2016, p. 9). O modelo estático foi desenvolvido através de pesquisas realizadas no interior de câmaras climatizadas, onde o ambiente era totalmente controlado pelo pesquisador.

Figura 2 – Exemplos de estudos em câmaras climatizadas



(fonte: LAMBERTS, 2016, p. 9)

Um exemplo do estudo do modelo estático é o PMV ou voto médio predito, que se baseia no registro das pessoas quanto às suas sensações de frio e calor, segundo a escala de sensações de 7 pontos da ASHRAE, conforme o quadro 1 abaixo:

Quadro 1 – Escala de sensações de 7 pontos

| | |
|-------------------------|-----------|
| Muito quente | +3 |
| Quente | +2 |
| Levemente quente | +1 |
| Neutro | 0 |
| Levemente frio | -1 |
| Frio | -2 |
| Muito frio | -3 |

(fonte: ASHRAE, 2010)

Para o estudo da teoria adaptativa, as pesquisas eram realizadas em campo, em situações reais do cotidiano sem a intervenção do pesquisador quanto às condições do ambiente. Com embasamento nesta abordagem, Lamberts cita que a reação das pessoas com o objetivo de restaurar seu conforto, quando expostas a situações que resultem em desconforto, é efeito de ajustes do corpo ao meio térmico local, podendo ser estas reações comportamentais, fisiológicas e psicológicas (LAMBERTS, 2016, p. 11). Sendo assim, Humphreys (1979), propôs o modelo adaptativo, afirmando que “a temperatura de conforto não é uma constante, e sim varia de acordo com a estação e as temperaturas as quais as pessoas estão acostumadas”.

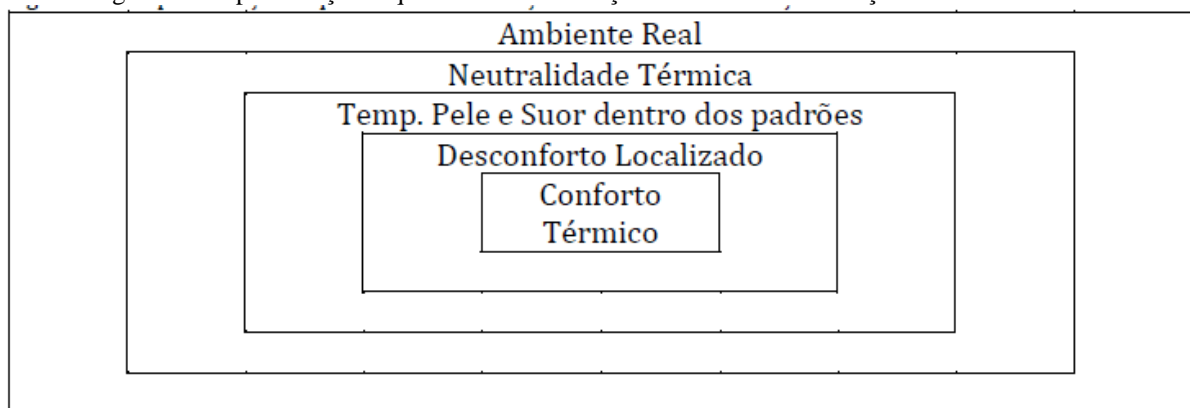
Figura 3 – Exemplos de estudos de campo realizados em ambientes reais



(fonte: LAMBERTS, 2016, p. 10)

Com todas as variáveis que influenciam no atingimento do conforto térmico, pode-se resumir em três condições possíveis: a neutralidade térmica, o equilíbrio da temperatura da pele e do suor com a atividade metabólica, e a ausência do desconforto localizado, conforme ilustrado na figura 6 (LAMBERTS, 2016, p. 13).

Figura 4 – Representação esquemática das condições necessárias à obtenção de conforto térmico



(fonte: LAMBERTS, 2016, p. 13)

A influência do movimento do ar no estabelecimento do conforto térmico pode ter papel positivo ou negativo e se dá através dos processos de troca de calor por convecção e por evaporação. Como citado por Lamberts (2016, p. 19), a influência se torna benéfica quando o aumento da velocidade do ar causar aceleração dos processos de perda de calor do corpo, quando desejável, para situações de elevada temperatura, mas pode ser maléfica quando causar resfriamento excessivo do corpo como um todo, ou de uma de suas partes, efeito este citado pelo autor, conhecido como *draft*. Para avaliação deste risco de perda de conforto térmico, causado pelo movimento do ar, o modelo mais comum é o de Fanger, baseado em experimentos laboratoriais, que indica através de uma expressão matemática, a porcentagem de indivíduos insatisfeitos com o movimento do ar (LAMBERTS, 2016, p. 20).

A execução de edificações que propiciem aos usuários uma resposta térmica positiva, característica de conforto térmico, não implica um acréscimo obrigatoriamente de custo da construção, como lembrado por Frota e Schiffler (2000, p. 17), mas sim resulta na redução do custo de utilização e manutenção.

3.2 NORMA DE DESEMPENHO

O estudo do desempenho térmico teve incremento nos últimos anos, passando a ser quantificado, ao contrário do conforto térmico, que é apenas sentido. Em 1994, a ISO 7730 já versava a respeito do assunto, propondo um método para a determinação da sensação térmica e do desconforto das pessoas quando expostas aos ambientes, além de especificar as condições aceitáveis (LAMBERTS, 2016, p. 20). Na sua atualização, foi adicionado à norma internacional, um método para avaliação de períodos longos e informações a respeito do desconforto localizado.

A American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, desenvolveu a norma ASHRAE Standard 55-2013 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy que possuía um método opcional para determinar condições aceitáveis em ambientes ventilados (LAMBERTS, 2016, p. 21).

No Brasil, até então não haviam normas específicas que avaliassem o desempenho térmico. Algumas normas versavam a respeito de conceitos relevantes, como a Norma Reguladora NR11 de 1990 e a NBR 16401 de 2008 que trata a respeito de instalações de ar condicionado, sistemas centrais e unitários. Em 2008, a primeira versão da Norma de Desempenho de Edificações impôs obstáculos a construtores, projetistas e fabricantes, que deveriam se adequar aos requisitos a partir de então impostos. Em consenso com a indústria, conseguiu-se estender o prazo para entrar em vigor a norma, tempo este disposto para revisão e reavaliação (PINI, 2013). A partir de junho de 2013, passou a vigorar a revisão da Norma de Desempenho de Edificações, da ABNT, que estabelece os parâmetros de exigência de desempenho e segurança em edificações residenciais (CAU/BR, 2013). Para o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil, as regras apresentadas na norma beneficiam o consumidor e atrelam as responsabilidades de fabricantes, projetistas, construtores e usuários (CAU/BR, 2013).

A nova versão da Norma de Desempenho é dividida em seis partes, que versam sobre: requisitos gerais, estrutura, sistemas de piso, vedações verticais, coberturas e sistemas hidrossanitários. A parte 1 estabelece um procedimento normativo e um informativo para avaliação da adequação de habitações (ABNT NBR 15575-1, 2013, p. 21). No procedimento normativo, válido para sistemas de vedação e coberturas, são citadas as partes 4 e 5 da norma. Para o procedimento

informativo, é mencionada a verificação através de medições em edificações ou protótipos. A norma estabelece requisitos de desempenho no verão, onde menciona que a edificação deve apresentar condição térmica melhor ou igual ao ambiente externo, à sombra, e no inverno, onde as condições no interior da edificação devem ser melhores que no exterior (ABNT NBR 15575-1, 2013, p. 22 e 23).

Para avaliação do atendimento à norma, menciona-se a simulação computacional, de acordo com procedimento constante em norma, com disposição sobre localização das unidades avaliadas e época do ano, dia típico de inverno e de verão, além da posição solar das peças que sofrerão a medição.

A quarta parte da NBR 15575 apresenta os requisitos e critérios para avaliação dos níveis mínimos de desempenho térmico de vedações verticais externas (ABNT NBR 15575-4, 2013, p. 26).

3.3 CALEFAÇÃO

A busca pelo conforto nos ambientes está interligada ao equilíbrio térmico, acústico e lumínico. No verão, com o aumento das temperaturas, a procura aumenta por condicionadores de ar e ventiladores, por vezes, no inverno, a demanda de pisos aquecidos, condicionadores de ar e radiadores de parede aumenta, no intuito de propiciar o aconchego (AZEVEDO, 2014). Entretanto, apesar de termos estados no Brasil que atingem temperaturas por vezes negativas no inverno, ainda não se tem a cultura de manter o conforto térmico para o caso de baixas temperaturas. Em especial a região sul do Brasil, caracteriza-se por possuir as quatro estações do ano muito bem definidas, e a presença de um inverno com baixas temperaturas, acarreta, conforme lembrado por Mussoi e Gomes (p. 3), em efeitos nocivos à vida da população, e principalmente exerce influência direta devido à falta de conforto térmico, tornando tarefas cotidianas difíceis e desmotivadoras durante o inverno.

Os sistemas de aquecimento do ar, com o fim de atender ao conforto térmico humano, são diversos e diferenciados quanto à fonte de energia adotada. Dentre eles, tratemos das instalações de calefação, que podem ser classificadas de forma geral em aquecimento direto e indireto. Nas instalações de aquecimento direto, o aquecimento do ar é obtido pelo contato direto entre a

fonte de calor e o mesmo (COSTA, 1974, p. 168), como exemplos mais conhecidos podemos citar as lareiras, estufas de combustão e estufas elétricas. No aquecimento indireto, há a presença de um fluido intermediário, geralmente água ou vapor d'água, a exemplificar-se os radiadores de água quente ou de vapor. Outra classificação cabível, segundo Costa (1974, p. 169), é quanto ao sistema adotado para a distribuição do calor nos ambientes a serem aquecidos, podendo ser local/individual ou central/coletiva. A distribuição local ou individual é feita a partir de uma ou mais fontes posicionadas no ambiente. Por sua vez, a distribuição central ou coletiva possui uma única fonte de calor, que através de tubulações dimensionadas, dissemina o calor para diversos ambientes. A calefação central pode ser subdividida em três tipos:

- a) Calefação central por meio de água;
- b) Calefação central por meio de vapor d'água;
- c) Calefação central por meio de ar.

O sistema de calefação, possui como premissa gerar água quente para a residência, servindo como fonte de calor a ser distribuída por todos os ambientes.

Um dos mais comuns e antigos entre os sistemas de calefação central por meio de água quente é composto por uma caldeira, tubulação de distribuição, elementos de aquecimento (radiadores ou convectores) e tubulação de retorno (COSTA, 1974, p. 33). A caldeira é definida por Costa (1974, p. 45) como o elemento de combustão, a partir da qual o fluido (água) é aquecido e serve para transportar o calor para os locais a serem aquecidos. Os elementos de aquecimento têm como finalidade difundir o calor gerado pela caldeira que é transportado pela água nas tubulações e que de acordo com a classificação de Costa (1974, p. 180) podem ser subdivididos em radiadores e convectores.

Figura 5 – Exemplo de caldeira a gás com termostato



(fonte: RINNAI, 2017)

Os radiadores são elementos em ferro ou chapa, quando compostos por liga de alumínio. São tubos dispostos verticalmente em formato de serpentina. O sistema de calefação por radiadores é o mais comum em residências e hotéis, pois pode ser agregado à decoração do ambiente. A quantidade de radiadores por peça é dimensionada de acordo com a necessidade térmica (FOCCUS, 2017), que se dá em função dos elementos por onde o calor é perdido, sejam as aberturas, revestimento, sistema construtivo, ou até o clima e temperatura predominante dos locais.

Nas instalações com radiadores, a temperatura varia entre 20° C e 26° C e pode ser selecionada através da instalação conjunta de termostatos individuais em cada peça, podendo as temperaturas serem diferenciadas para cada ambiente, de acordo com o fornecedor do sistema de calefação por radiadores, a empresa Foccus Engenharia (FOCCUS, 2017). A instalação destes elementos deve respeitar dimensões mínimas de afastamento do piso e da parede, respectivamente, 12 cm e 5 cm (COSTA, 1974, p. 181).

Figura 6 – Exemplo de radiador integrado ao ambiente



(fonte: AQUESOL, 2017)

Os convectores são elementos formados por tubos de cobre com aletas de alumínio ou canos galvanizados com alhetas de ferro (COSTA, 1974, p. 181). Por sua vez, os convectores podem ser acomodados em nichos ou armários próprios a isso, pois tem o intuito de que o movimento do ar aumente com isso a transmissão de calor por convecção. Uma vez que os radiadores são instalados em nichos ou armários, eles passam a operar como convectores, pois uma das premissas dos radiadores é que sua instalação permita boa circulação do ar para que ocorra a livre radiação do calor (COSTA, 1974, p. 181).

Figura 7 – Exemplo de convector integrado ao ambiente



(fonte: SUDARE, 2017)

O sistema de calefação, conforme mencionado anteriormente ainda é formado pela tubulação de retorno, que tem o objetivo de manter o funcionamento de forma contínua, o que se dá a partir da canalização que recolhe a água já parcialmente resfriada dos elementos de aquecimento, radiadores ou convectores, para a caldeira (COSTA, 1974, p. 33).

Para dimensionamento dos sistemas de calefação, Costa (1974, p. 169) vale-se de uma equação matemática que resulta na carga térmica de aquecimento, dada em quilocalorias por hora, e definida como a quantidade de calor necessária para aquecimento de um ambiente, sendo esta formada pela soma das parcelas de perdas de calor por transmissão, perdas de calor adicionais, somadas a parcela de calor de aquecimento do ar de ventilação e subtraídas do calor ganho pelo ambiente, sendo este devido às suas fontes próprias de calor, ou seja, todos aqueles aparelhos mecânicos, elétricos e de combustão presentes no ambiente, que dissipam calor em função de suas potências, além dos próprios ocupantes do local.

Além do sistema de calefação por radiadores e convectores, pode-se citar a instalação com *fan-coil* e os pisos radiantes com tubulação para passagem de água quente (também há pisos radiantes com resistência elétrica). Ambos, assim como os anteriores, funcionam através da circulação de água quente. O sistema de calefação por *fan-coil* é utilizado em ambientes maiores, até mesmo com pé direito duplo, onde requer um aquecimento mais rápido. O equipamento *fan-coil* é semelhante aos radiadores, porém possui ainda ventiladores internos que auxiliam no espalhamento do ar aquecido (V. MARTINS, 2017). O equipamento é produzido em aço galvanizado e ABS (Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno), polímero resistente à ação das mudanças de temperatura, com grade de alumínio. Uma tecnologia recente, o sistema tem controle analógico ou digital e é dotado de filtros para o ar, que são removíveis e laváveis (HIDRO MASTER, 2017).

Figura 8 – Exemplo de equipamento *fan-coil*

(fonte: HIDRO MASTER, 2017)

No caso dos pisos radiantes, a instalação é feita em pisos, com tubos de cobre, através dos quais circula a água quente, o piso então aquecido, irradia calor para o restante do ambiente (V. MARTINS, 2017). Outra alternativa, são tubulações à base de polietileno reticulado (PEX), sendo uma opção que propicia maior facilidade de manutenção, em comparativo ao cobre. O sistema de aquecimento pelo piso gera um ambiente com temperatura uniforme e constante, podendo também ser controlado por termostato. Uma vantagem em relação aos demais sistemas é que não retira umidade do ar e não armazena nem espalha poeira, além da sua instalação ser embutida, o que não interfere no projeto arquitetônico (FOCCUS, 2017). A instalação não tem restrição quanto a áreas molhadas, podendo ser utilizado dentro de box de chuveiro, e em conjunto com outros pisos, como mármore, granito, carpete, laminado, porcelanato, cerâmica ou madeira.³ Uma das desvantagens do sistema de pisos radiantes é seu elevado custo de instalação, sendo o mais caro entre os sistemas de calefação. A manutenção deve ser a cada três anos, onde ocorre a troca da água, que funciona em um circuito fechado e fica suja em contato com o metal, de acordo com informações da empresa Reformolar, que ainda afirma que a instalação não é válida para áreas menores que 50 m², devido ao alto custo (REFORMOLAR, 2017).

³ A informação do fornecedor do sistema, de que o mesmo atende a todos os tipos de piso, não foi ratificada em bibliografias técnicas e tampouco identificadas patologias no seu uso.

Figura 9 – Exemplo de instalação de piso radiante



(fonte: REFORMOLAR, 2017)

4 ESTUDO DE CASO: DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CALEFAÇÃO ADOTADO

Para o fim do trabalho proposto, optou-se pela análise do custo das instalações de infraestrutura do sistema de calefação por radiadores, que será descrito neste presente capítulo. As instalações para posterior instauração dos equipamentos radiadores, foram solicitadas pelos futuros usuários da edificação, com o intuito de aumentar o conforto térmico da moradia, que já cumpria os requisitos mínimos de desempenho térmico mencionados pela Norma de Desempenho em que o empreendimento se enquadra.

4.1 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO ESTUDADO

A edificação do estudo de caso consiste em um residencial de alto padrão composto de três torres justapostas, denominadas Torre A, B e C, com sete, nove e dez unidades cada uma, respectivamente, totalizando vinte e seis unidades residenciais, três níveis de estacionamento no subsolo e áreas condominiais de lazer, tais como, salão de festas, piscina adulto e infantil, piscina coberta, fitness, brinquedoteca, cinema e espaço gourmet, contemplando 10.295,96 m² de área construída em um terreno escriturado de 4.878,31 m².

O sistema construtivo utilizado é de estrutura de concreto armado moldada “in loco”. As divisórias entre apartamentos, fechamentos externos, áreas condominiais, poços de elevadores e escadas são de alvenaria de blocos cerâmicos modulados. O revestimento externo possui dentro de uma composição de acabamentos, revestimento argamassado com pintura texturada, pastilhas cerâmicas e porcelanato. As esquadrias externas são de alumínio e as internas de madeira.

Figura 10 – Fachada lateral do empreendimento

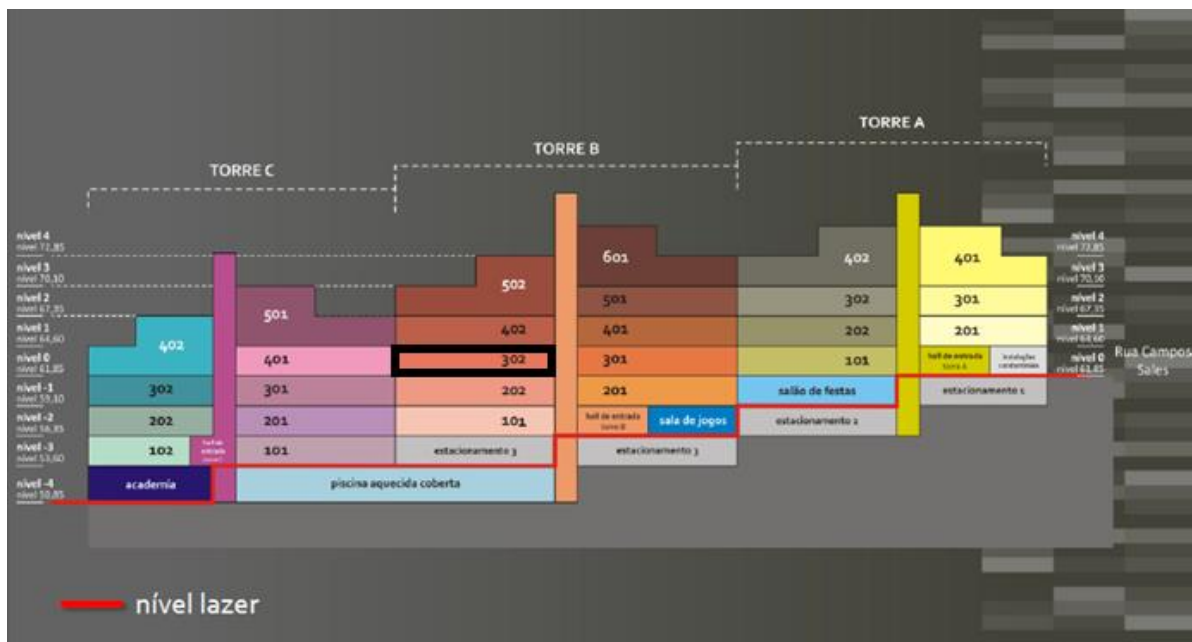


(fonte: MELNICK EVEN, 2015)

A unidade residencial que optou pela instalação do sistema de calefação por radiadores é o apartamento 302 da Torre B, com área privativa de 199,52 m². Além das instalações de infraestrutura para a calefação por radiadores nos três dormitórios da unidade e nos banhos, instalações estas que foram quantificadas e precificadas para a análise do impacto de custo proposto, o apartamento também recebeu a instalação de piso radiante nos banheiros das suítes e equipamento *fan-coil* na sala de estar. O projeto das instalações de calefação foi executado por empresa que atua no mercado da construção civil com a climatização de edificações, e que buscou atender da melhor forma possível as demandas dos usuários, de acordo com as características do empreendimento. Desta forma, optou-se pela projeção de instalação futura de equipamento *fan-coil* na sala de estar, e não por equipamentos radiadores, devido à grande área existente, uma vez que o *fan-coil* possui ventiladores em seu interior, para melhor dissipação do calor. Vale ressaltar que as instalações de infraestrutura são as mesmas para a instalação de ambos equipamentos (radiadores e *fan-coil*), possuindo todos os componentes de um sistema de calefação, ou seja, no custo das instalações a que se remetem as análises seguintes, consta o custo das instalações para o equipamento *fan-coil* da sala de estar, visto que se trata da mesma instalação para os equipamentos radiadores dos dormitórios e dos banheiros. Em contrapartida, as instalações de piso radiante, executadas apenas nos banheiros das suítes, não estão

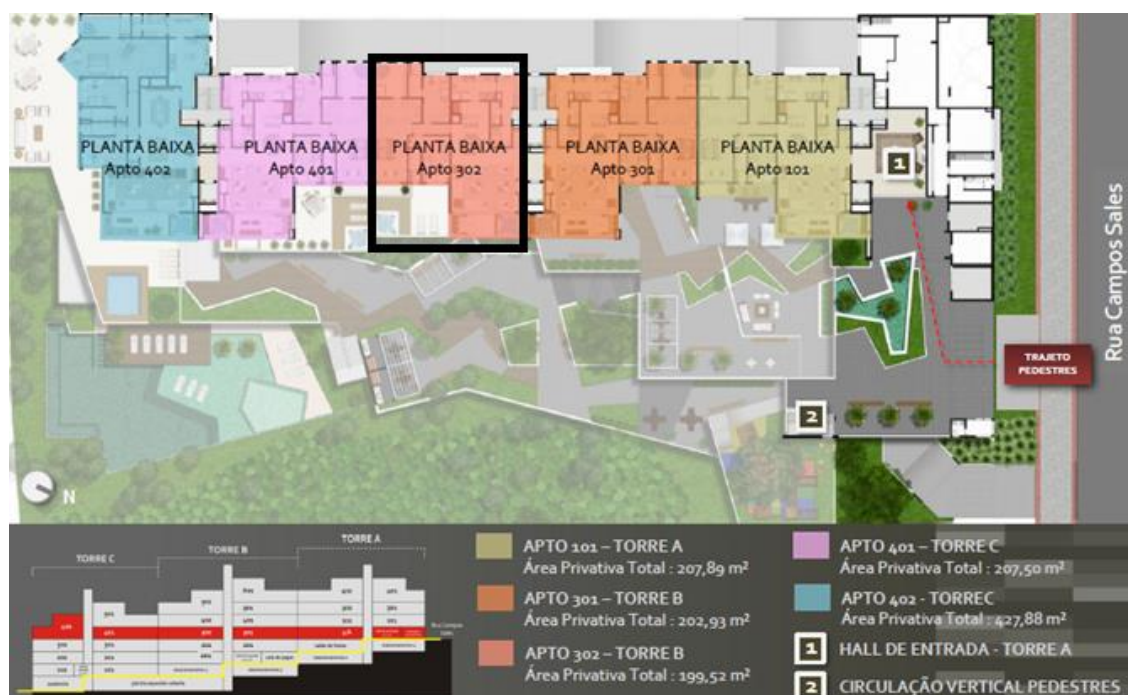
contempladas no custo analisado na sequência, pois tratam-se de instalações específicas e individuais para cada um dos três ambientes (banheiros). Da mesma forma, visando atender as necessidades dos clientes, o sistema de piso radiante foi o escolhido para as áreas com piso cerâmico, devido ao seu desempenho com este tipo de material, e ao fato de o mesmo já ser entregue pela construtora, uma vez que, pela fiação ser frágil, poderia ser facilmente danificada pelo proprietário quando da instalação do revestimento após a entrega do apartamento, apesar de ser recoberta por uma proteção mecânica de argamassa antes do assentamento do piso cerâmico.

Figura 11 – Corte esquemático das torres



(fonte: MELNICK EVEN, 2015)

Figura 12 – Planta baixa do nível do apartamento 302 da Torre B



(fonte: MELNICK EVEN, 2015)

4.2 SISTEMA DE CALEFAÇÃO EXECUTADO

O sistema de calefação instalado no apartamento do estudo de caso, e que está sendo analisado, foi com radiadores. A execução do serviço acompanhado durante a obra limita-se às instalações de infraestrutura do sistema, que posteriormente à entrega do imóvel, deve ser integrada à instalação dos equipamentos, que serão adquiridos pelos proprietários, para que então o conjunto entre em operação, atendendo às necessidades a que foi destinado. Após concluídas as instalações, as mesmas não são testadas pela construtora, que explica que, por ter sido a primeira obra a executar este sistema, ainda não possui um procedimento padrão para teste. Todavia, quanto ao funcionamento do sistema, a empresa garante todas as correções se necessário, mas enfatiza que os serviços são executados com profissionais qualificados e com precauções para que não ocorram problemas, como vazamentos ou obstrução da tubulação.

A definição dos materiais a serem utilizados nas instalações foram determinadas pelo projeto da empresa que dimensionou o sistema, a empresa projetista do sistema optou pelo uso de

tubulação de alumínio multicamada com isolante em polietileno expandido, da marca Emmeti (figura 13), devido a sua característica de ser maleável, o que facilita a instalação e possíveis futuras manutenções⁴, além de ser um material que propicia maior isolamento térmico, não deixando que o calor da água que passa pela tubulação seja dispersado ao longo do percurso, o que diminuiria a eficiência do sistema.

Figura 13 – Bobina de tubo de alumínio multicamada



(fonte: EMMETI, 2017)

A execução do serviço consistiu em instalar as tubulações no piso, sobre a laje, e não embutidas, seguindo o traçado indicado em projeto. A importância em ter-se o registro do percurso das tubulações dentro do imóvel, se dá com o intuito de evitar possíveis danos futuros, para que elas não sejam perfuradas, e se necessário acessadas para manutenção. Isto pois, as mesmas são recobertas pelo contrapiso argamassado, que também foi executado durante a obra.

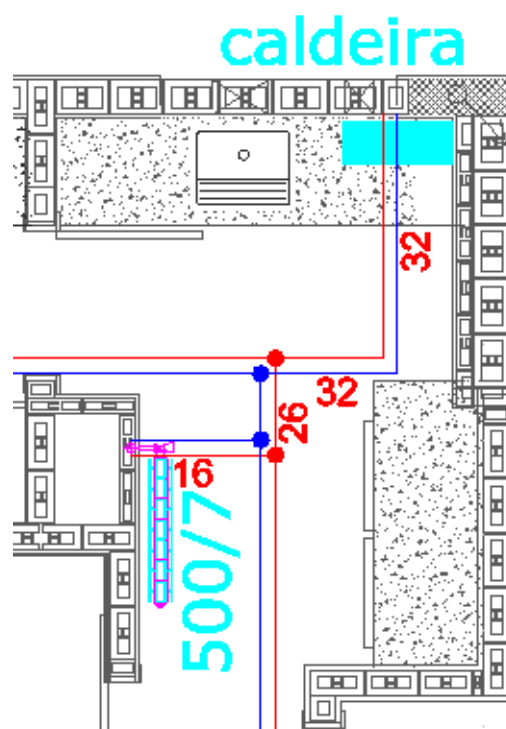
A tubulação segue os diâmetros de projeto, e liga a caldeira aos equipamentos radiadores, que serão instalados futuramente (conforme figura 14). A tubulação de alumínio, por onde passará a água fria, que vem do ramal de entrada de água do apartamento, inicia com o maior diâmetro do sistema, de 32 mm, e sai de um ponto embutido na alvenaria, localizado na lavanderia, onde será instalada a caldeira. A água fria passa pela caldeira onde é aquecida e levada pela tubulação

⁴ De acordo com informações da empresa Foccus Engenharia a opção pelo uso de tubulação de alumínio multicamada ao invés de tubulação PPR (Polipropileno Copolímero Random), apesar do custo mais elevado, se deu em virtude da maior facilidade de instalação, manutenção e conservação de temperatura.

de alumínio multicamada sobre a laje, com redução dos diâmetros dos tubos, até o ponto no ambiente onde será instalado o equipamento radiador. Então a tubulação é instalada embutida na alvenaria, a partir do piso, até a altura onde será a ligação de entrada do equipamento (superior), e o ponto onde será a tubulação de retorno, que de acordo com indicação de projeto, foi de 17 cm do piso já prevendo a instalação de futuro revestimento (conforme figura 15). Nos equipamentos radiadores, além da tubulação de entrada da água aquecida pela caldeira, há a tubulação de retorno, da água aquecida que será resfriada.

Para cobrir a tubulação com o contrapiso argamassado, foi utilizada uma espessura de 4 cm de argamassa e 1 cm de manta acústica. Para os trechos em que o diâmetro da tubulação era de 32 mm, foi feito reforço no contrapiso com a instalação de tela de aço galvanizado de 1,6 mm de diâmetro.

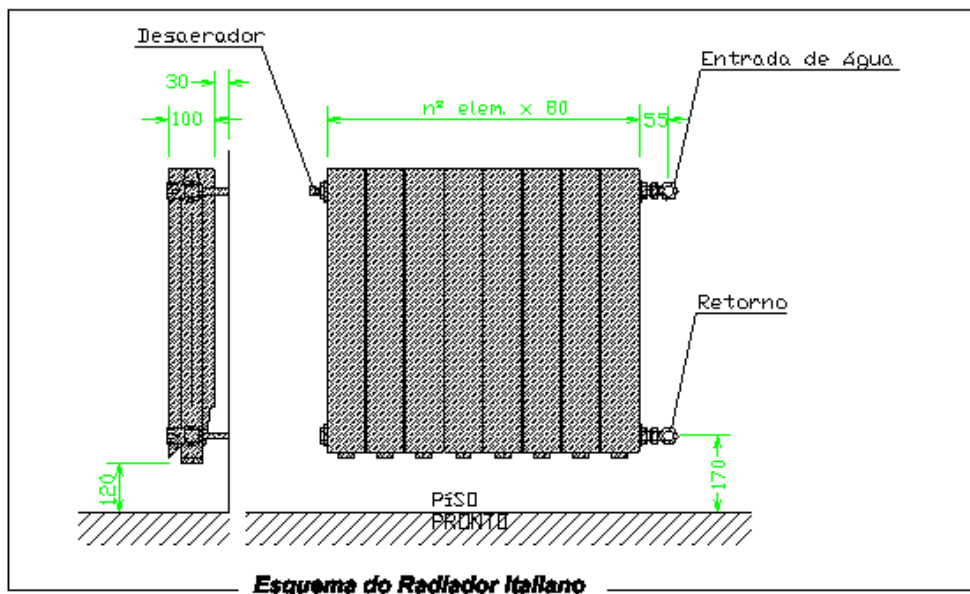
Figura 14 – Detalhe do projeto com os diâmetros e percurso de parte da tubulação



(fonte: FOCCUS, 2017)

O modelo de equipamento para que o sistema foi projetado é o radiador italiano da Giacomet⁵ (figura 15), que conta ainda com o mecanismo do desareador, que se trata de uma válvula para liberação do vapor de água, existentes no ciclo da caldeira, que a longo prazo pode causar corrosão ao equipamento, então sua liberação aumenta a vida útil do sistema.

Figura 15 – Esquema do radiador italiano



(fonte: GIACOMET, 2017)

O sistema de calefação do estudo de caso, por radiadores, opera entre 20 °C e 26 °C. O aquecedor que será instalado para aquecimento da água que irá até os radiadores, possui consumo de 4,29 m³/h de gás natural para atingir a temperatura máxima. Considerando-se um consumo diários de 3 horas para manter o aquecimento, tem-se em um mês padrão de trinta dias, 90 horas em uso, o que soma um gasto de 386,1 m³ de combustível. Tomando como base a tabela de preços da Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul, Sulgás, para o abastecimento residencial, tem-se um custo estimado em R\$ 118,43/mês.

⁵ Radiador italiano em liga de alumínio com pintura epóxi eletrostática (GIACOMET, 2017).

Tabela 1 – Tabela de preços residencial de gás natural

| Volume consumido (m³/mês) | Fixo (R\$) | Variável (R\$/m³) |
|---|-------------------|-------------------------------------|
| 1 a 120 | 0,00 | 3,9483 |
| 121 a 240 | 23,67 | 3,7510 |
| 241 a 480 | 118,43 | 3,3562 |
| 481 a 960 | 213,21 | 3,1587 |
| 961 a 1.920 | 402,77 | 2,9613 |
| 1.921 a 3.840 | 781,92 | 2,7638 |
| Acima de 3.840 | 1.539,35 | 2,5665 |

Preços vigentes a partir de 01 de janeiro de 2018.

(fonte: SULGÁS, 2018)

5 ORÇAMENTO

O orçamento da obra em questão, desenvolvido pela construtora responsável pelo empreendimento, é organizado de forma a dividir todos os serviços e materiais quantificados em quarenta e cinco grupos, dispostos de acordo com o serviço. Cada grupo do orçamento é subdividido em serviços com suas devidas composições.

Tabela 2 – Divisão de grupos do orçamento

| | | | |
|----------|--|----------|---|
| Grupo 1 | Projetos e Serviços Técnicos | Grupo 24 | Revestimento Cerâmico Externo |
| Grupo 2 | Gastos Gerais | Grupo 25 | Outros Revestimentos de Fachada |
| Grupo 3 | Pessoal Permanente | Grupo 26 | Revestimentos em Madeira |
| Grupo 4 | Instalações de Canteiro | Grupo 27 | Mármore e Granitos |
| Grupo 5 | Equipamentos e Ferramentas | Grupo 28 | Outros Revestimentos de Pisos e Paredes |
| Grupo 6 | Operações de Canteiro | Grupo 29 | Forros |
| Grupo 7 | Movimento de Terra | Grupo 30 | Esquadrias de Madeira |
| Grupo 8 | Infra Estrutura | Grupo 31 | Esquadrias de Alumínio e PVC |
| Grupo 9 | Formas e Escoramento | Grupo 32 | Esquadrias de Ferro |
| Grupo 10 | Armação | Grupo 33 | Vidros |
| Grupo 11 | Concreto | Grupo 34 | Instalações Elétricas |
| Grupo 12 | Mão de Obra de Concreto Armado | Grupo 35 | Instalações Hidráulicas, Incêndio e Gás |
| Grupo 13 | Estrutura Metálica | Grupo 36 | Aparelhos, Louças e Metais Sanitários |
| Grupo 14 | Alvenarias | Grupo 37 | Elevadores |
| Grupo 15 | Outras Vedações e Divisórias | Grupo 38 | Ar Condicionado e Ventilação |
| Grupo 16 | Coberturas | Grupo 39 | Outras Instalações |
| Grupo 17 | Impermeabilizações | Grupo 40 | Pinturas |
| Grupo 18 | Revestimentos e Argamassa Internos | Grupo 41 | Serviços Complementares |
| Grupo 19 | Gesso Liso Paredes | Grupo 42 | Monstagens e Mobiliário |
| Grupo 20 | Gesso Liso de Tetos | Grupo 43 | Urbanização |
| Grupo 21 | Pisos Cimentados, Enchimentos e Regularizações | Grupo 44 | Entrega da Obra |
| Grupo 22 | Revestimentos de Argamassas Externas | Grupo 45 | Taxas e Emolumentos |
| Grupo 23 | Azulejos e Cerâmicas | | |

(fonte: própria da autora, 2017)

5.1 ANÁLISES DO ORÇAMENTO DE CALEFAÇÃO POR RADIADORES

Para o presente trabalho é feita a análise primeiramente comparando-se a área total construída do empreendimento com a área privativa do apartamento. Uma vez que o sistema de calefação instalado no apartamento em questão trata-se de uma personalização da unidade, contratada pelo cliente, o orçamento original não contempla este custo, sendo assim, tem-se a seguinte relação:

Tabela 3 – Comparação do custo total do empreendimento com o custo do apartamento sem calefação (área privativa)

| Área Total do Empreendimento (m²) | Custo Total Orçado |
|---|---------------------------|
| 10.295 | R\$ 39.470.111,13 |

| Área Total do Apartamento (m²) | Custo Total do Apartamento (por proporção de áreas) |
|--|--|
| 199,52 | R\$ 764.941,87 |

(fonte: própria da autora, 2017)

O custo total do apartamento, obtido por proporção de áreas, considera todos os custos para a execução do empreendimento, desde os indiretos, orçados nos grupos 1 a 6 da matriz orçamentária da construtora, até as despesas com a área condominial. Isto pois, entende-se que, o apartamento do estudo de caso, por estar inserido em um edifício residencial, tem seu custo por metro quadrado impactado também pelas áreas de implantação do condomínio, não sendo possível fazer uma análise apenas com os gastos diretos de execução da unidade.

Percentualmente, após a primeira análise comparativa, obtém-se que o custo do apartamento 302 da torre B, considerando-se sua área privativa, representa 1,94 % do custo total do empreendimento.

Em vista da necessidade apresentada pelo cliente da unidade do estudo de caso, a construtora ofereceu que fosse executada a infraestrutura para o sistema de calefação no apartamento. Para

tal, foi levantado o custo de material e mão de obra com empresa terceirizada que presta serviços na obra do empreendimento. O valor orçado para mão de obra foi de R\$ 5.940,00 e para a compra dos materiais a serem utilizados nas instalações, foi de R\$ 2.882,90. Assim sendo, teve-se um custo para as instalações de infraestrutura do sistema de calefação do apartamento 302 da torre B, o valor total de R\$ 8.822,90, conforme tabela 4⁶.

Tabela 4 – Orçamento de material e mão de obra para instalação da infraestrutura para o sistema de calefação por radiadores

| Quantidade | Descrição do Item | RS Unitário | RS Total |
|------------|---|--------------|--------------------|
| 170 | Tubo de Alumínio Bobina 16mm | R\$ 4,26 | R\$ 724,49 |
| 30 | Tubo de Alumínio Bobina 20mm | R\$ 5,83 | R\$ 174,93 |
| 10 | Tubo de Alumínio Bobina 26mm | R\$ 10,40 | R\$ 103,97 |
| 8 | Tubo de Alumínio Bobina 32mm | R\$ 15,20 | R\$ 121,62 |
| 70 | Tubo de Alumínio Bobina 16mm com isolante | R\$ 6,28 | R\$ 439,70 |
| 30 | Tubo de Alumínio Bobina 20mm com isolante 6mm | R\$ 7,85 | R\$ 235,52 |
| 10 | Tubo de Alumínio Bobina 26mm isolado | R\$ 15,51 | R\$ 155,14 |
| 8 | Tubo de Alumínio Bobina 32mm com isolante | R\$ 21,00 | R\$ 167,98 |
| 24 | Cotovelo Fêmea Prensar 16mm x 1/2 | R\$ 9,40 | R\$ 225,59 |
| 2 | Cotovelo Fêmea Prensar 20mm x 3/4 | R\$ 15,34 | R\$ 30,69 |
| 2 | Cotovelo Fêmea Prensar 32mm x 1 | R\$ 28,39 | R\$ 56,77 |
| 10 | Tee Prensar 16mm | R\$ 13,52 | R\$ 135,22 |
| 4 | Tee Redução 20x16x16 Prensar | R\$ 17,36 | R\$ 69,43 |
| 6 | Tee Redução 20x16x20 Prensar | R\$ 17,84 | R\$ 107,02 |
| 2 | Tee Redução 26x20x20 Prensar | R\$ 26,28 | R\$ 52,55 |
| 2 | Tee Redução Prensar 32x20x26 | R\$ 41,14 | R\$ 82,28 |
| 1 | Mão de Obra | R\$ 5.940,00 | R\$ 5.940,00 |
| | | TOTAL | RS 8.822,90 |

(fonte: própria da autora, 2017)

Para a segunda análise compara-se percentualmente o custo total de orçamento do empreendimento com o custo total para a execução do apartamento incluindo as instalações de infraestrutura para o sistema de calefação, considerando a mesma área privativa do apartamento, apresentada na primeira análise.

⁶ O orçamento descrito na tabela 4 foi fornecido pela empresa de instalações elétricas, Da Silva Santos, que executa as instalações no empreendimento.

Tabela 5 – Comparação do custo total do empreendimento com o custo do apartamento com calefação (área privativa)

| Custo Total do Empreendimento (orçamento padrão) | Custo Total do Apartamento (com calefação) |
|---|---|
| R\$ 39.470.111,13 | R\$ 773.764,77 |

(fonte: própria da autora, 2017)

De acordo com os valores apresentados na tabela acima, tem-se que o custo do apartamento com instalações de calefação representa 1,96 % do custo total do empreendimento. Comparando-se o percentual já mencionado anteriormente, tem-se um acréscimo de 0,02 % no custo do apartamento, mediante a execução da infraestrutura de calefação na unidade, quando comparado ao orçamento padrão total do empreendimento.

O empreendimento que possui 26 unidades, tem a seguinte distribuição de áreas dos apartamentos, de acordo com informações de incorporação do condomínio:

Tabela 6 – Distribuição de áreas privativas dos apartamentos

| LOCAL | TORRE | Nº do Apto | Área (m²) |
|--------------|--------------|-------------------|-----------------------------|
| Nível | | | |
| 53,6 | C | 101 | 252,74 |
| | C | 102 | 423,7 |
| 56,35 | B | 101 | 237,06 |
| | C | 201 | 209,91 |
| | C | 202 | 243,39 |
| 59,1 | B | 201 | 205,14 |
| | B | 202 | 204,3 |
| | C | 301 | 202,93 |
| | C | 302 | 243,39 |
| 61,85 | A | 101 | 207,89 |
| | B | 301 | 202,93 |
| | B | 302 | 199,52 |
| | C | 401 | 207,5 |
| | C | 402 | 427,88 |
| 64,6 | A | 201 | 282,18 |
| | A | 202 | 207,93 |
| | B | 401 | 207,71 |
| | B | 402 | 204,3 |
| | C | 501 | 385,54 |
| 67,35 | A | 301 | 293,46 |
| | A | 302 | 207,03 |
| | B | 501 | 202,92 |
| | B | 502 | 387,6 |
| 70,1 | A | 401 | 541,07 |
| | A | 402 | 390,86 |
| | B | 601 | 390,3 |
| | | | 7.169,18 |

(fonte: Melnick Even, 2015)

Totalizando uma área privativa de 7.169,18 m², dividida entre 26 apartamento, restam 3.126,78 m² de área condominial, que contempla salão de festas, fitness, sauna úmida e sauna seca, vestiários, espaço gourmet, cinema, brinquedoteca, piscina coberta, além das áreas externas, como piscina, parrilla, circulação, playground, etc. Assim sendo, uma terceira análise é desenvolvida, onde se compara o custo total do empreendimento com o custo do apartamento, considerando sua área privativa acrescida do seu percentual de área condominial.

Através do cálculo de proporção de áreas, é obtido que dos 3.126,78 m² de área condominial, 87,02 m² são representativos do apartamento 302 da torre C, considerando-se sua área privativa de 199,52 m².

Para esta análise, se considera então que o apartamento do estudo de caso terá um total de 286,54 m², entre área privativa e não privativa. Vale salientar que a área privativa não considera também as circulações externas aos apartamentos, ou corredores, tanto social quanto de serviço, ou seja, estas áreas estão inclusas apenas nesta análise que contempla as áreas não privativas.

De posse deste novo dado de área, é feita a análise seguinte comparando-se a área total construída do empreendimento, já mencionada anteriormente, com a nova área do apartamento (privativa e não privativa), sem instalações de calefação. Da mesma forma que na primeira comparação, o custo total do apartamento é obtido por proporção de áreas e considera-se todos os custos para a execução do empreendimento (indiretos e diretos).

Tabela 7 – Comparação do custo total do empreendimento com o custo do apartamento sem calefação (área privativa e não privativa)

| Área Total do Empreendimento (m²) | Custo Total Orçado |
|---|---------------------------|
| 10.295 | R\$ 39.470.111,13 |

| Área Total do Apartamento (m²) (com área não privativa) | Custo Total do Apartamento (por proporção de áreas) |
|---|--|
| 286,54 | R\$ 1.098.568,79 |

(fonte: própria da autora, 2017)

Posterior a análise onde considera-se também a área não privativa do apartamento, obtém-se que o custo do apartamento 302 da torre B sem calefação, representa 2,78 % do custo total do empreendimento, dentro das premissas estipuladas para esta verificação.

Da mesma forma que no estudo da área privativa, também é feito o estudo da área não privativa com a execução das instalações de calefação, como uma quarta análise, e para tal, obtém-se os seguintes valores:

Tabela 8 – Comparação do custo total do empreendimento com o custo do apartamento com calefação (área privativa e não privativa)

| Custo Total do Empreendimento (orçamento padrão) | Custo Total do Apartamento (com calefação) |
|---|---|
| R\$ 39.470.111,13 | R\$ 1.107.391,69 |

(fonte: própria da autora, 2017)

Com os dados da tabela acima, apresentando o custo do apartamento com as instalações de calefação, considerando-se a área não privativa, representa 2,81 % do custo total do empreendimento, e tendo em vista o percentual encontrado para o apartamento sem calefação, observa-se o acréscimo de 0,03 % no custo do apartamento, para o novo estudo proposto.

Como uma análise complementar, e para contribuição a tomada de decisão da Construtora responsável pelo empreendimento, em utilizar o sistema de calefação por radiadores em seus próximos projetos, foi feito um comparativo entre o custo total do empreendimento e o custo total com as instalações de infraestrutura do sistema de calefação para todas as unidades privativas do condomínio. Tomou-se como premissa que o custo das instalações para cada unidade seria o mesmo que o orçado para o apartamento do estudo de caso, uma vez que, apesar das áreas privativas variarem de acordo com a unidade, o sistema de calefação dimensionado para o apartamento 302 da torre B também atende as áreas dos demais. Desta forma, tem-se que para as 26 unidades do empreendimento, se teria um custo total para a infraestrutura do sistema de calefação por radiadores de R\$ 229.395,40, o que representaria em relação ao custo total do empreendimento que é de R\$ 39.470.111,13, um aumento em percentual de 0,58 %.

Tabela 9 – Comparação do custo total do empreendimento com o custo da infraestrutura para o sistema de calefação, para as 26 unidades do empreendimento

| Custo Total do Empreendimento (orçamento padrão) | Custo Total Da Infraestrutura de Calefação (para as 26 unidades) |
|---|---|
| R\$ 39.470.111,13 | R\$ 229.395,40 |

(fonte: própria da autora, 2017)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De posse de todas análises propostas pelo estudo de caso deste trabalho, de forma sintetizada temos os seguintes dados apresentados anteriormente:

Tabela 10 – Resumo das Análises

| ANÁLISES DA ÁREA PRIVATIVA | Sem Calefação | Com Calefação |
|---|----------------------|----------------------|
| Custo Total do Apartamento | R\$ 764.941,87 | R\$ 773.764,77 |
| Percentual em Relação ao Custo Total do Empreendimento | 1,94% | 1,96% |
| ANÁLISES DA ÁREA PRIVATIVA E NÃO PRIVATIVA | Sem Calefação | Com Calefação |
| Custo Total do Apartamento | R\$ 1.098.568,79 | R\$ 1.107.391,69 |
| Percentual em Relação ao Custo Total do Empreendimento | 2,78% | 2,81% |

(fonte: própria da autora, 2017)

A partir das análises comparativas com o custo total do empreendimento e através da proporção de áreas outrora mencionada, pôde-se mensurar, em concordância com o objetivado, o percentual de aumento da instalação da infraestrutura do sistema de calefação para a unidade estudada.

Consoante com o proposto pelo trabalho, foi quantificado o custo para a instalação da infraestrutura para o sistema de calefação por radiadores. Desta forma, deve-se atentar para os custos posteriores à entrega do imóvel, para que o sistema entre em operação, tais como a compra dos equipamentos (caldeira e radiadores) e a mão de obra para instalação dos mesmos.

Para que se tenha uma relação mais exata do custo a ser gasto com as instalações posteriores, foram orçados os equipamentos, bem como a mão de obra para a instalação dos mesmos. A caldeira a gás foi orçada pela empresa Giacomet, com custo de R\$ 4.500,00 e os radiadores variam de acordo com o modelo, estando entre R\$ 1.400,00 e R\$ 2.500,00 também quantificados pela mesma empresa, que por sua vez realiza a instalação dos equipamentos inclusa no custo, desde que as instalações estejam conformes.

Apesar do proprietário ainda ter que arcar com o custo de aquisição e instalação dos equipamentos, não se compara com os custos que seriam necessários para se instalar os serviços de infraestrutura para a calefação em um apartamento com contrapiso e alvenaria já executados, o que provavelmente inviabilizaria a adoção do sistema.

Em retomada ao tópico mencionado referente a Norma de Desempenho, salienta-se que esta, tal qual está descrita, deve ser atendida, no que se remete ao critério de desempenho térmico aludido neste trabalho, através do sistema construtivo, ou seja, pelo conjunto da estrutura, vedações e revestimentos, não sendo inclusos na mensuração deste parâmetro, os equipamentos utilizados para então melhorar o conforto dos usuários, como aparelhos de ar condicionado, calefação, ventiladores, etc.

6.1 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos com a quantificação do custo das instalações de infraestrutura do sistema de calefação por radiadores, concluiu-se que, frente a grandeza dos valores do orçamento que o empreendimento alto padrão em questão possui, o percentual de aumento com a instalação da calefação é pequeno.

Em debate mais específico com relação as instalações de infraestrutura para o sistema de calefação por radiadores, por se tratar de uma tecnologia pouco utilizada em apartamentos no Brasil, o profissional do mercado de imóveis ressalta que as mesmas são um atrativo a mais para clientes principalmente com renda mais alta, pois além do benefício a que o sistema é destinado, as instalações dão ao imóvel uma aparência imponente, requintada.

Atrelando a execução das instalações de infraestrutura para o sistema de calefação por radiadores ao conforto térmico, é indiscutível que a edificação propicia melhora do conforto com o uso destes equipamentos. Além do custo para a instalação, considerando apenas a infraestrutura abordada neste trabalho, ser desprezível quando comparado ao custo total do imóvel. Como mencionado na revisão bibliográfica, o termo conforto térmico tem teor subjetivo, pois trata-se de sensações dos usuários, sendo assim, ainda que o apartamento seja avaliado por um profissional especialista na compra e venda de imóveis, após as instalações de calefação, a valorização real é imensurável, pois depende das necessidades de quem irá usufruir do ambiente.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com o desenvolvimento do trabalho proposto, sugere-se a busca de novas pesquisas a respeito do assunto conforto térmico e sistemas de calefação, bem como o estudo do desempenho dos diferentes sistemas de calefação e aquecimento em geral, através de simulação computacional, conforme citado pela norma, para avaliação do seu nível de desempenho em relação a norma NBR-15.575.

REFERÊNCIAS

AKUTSU, M.; SATO, N. M. N.; PEDROSO, N. G. **Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares: Manual de procedimentos para avaliação**. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1987.

AQUESOL. **Radiador de alumínio para calefação**. Disponível em: http://www.aquesol.com/produtos/0,5488_radiador-de-aluminio-para-calefacao>. Acesso em: 7 junho 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Norma de desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-2: Instalações de ar condicionado – sistemas centrais e unitários**. Rio de Janeiro, 2008.

CAU/BR. **Norma de Desempenho da ABNT: garantia de qualidade em obras de casas e apartamentos**. 2013. Disponível em: < <http://www.cau.br.gov.br/mudancasnormadesempenho> >. Acesso em: 3 junho 2017.

COSTA, E. C. **Física aplicada à construção: Conforto térmico**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 1974.

EMMETI. **Tubo de alumínio multicamada em bobinas com isolante em polietileno expandido**. Disponível em: <<https://www.emmeti.com.br/produtos/agua/item/tubo-de-aluminio-em-bobinas-com-isolante>>. Acesso em: 16 novembro 2017.

FOCCUS ENGENHARIA E AQUECIMENTO. **Aquecimento**. Disponível em: <<http://focusengenharia.com.br/aquecimento.html>>. Acesso em: 4 junho 2017.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 4. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2000.

GIACOMET. **Radiador italiano.** Disponível em: <http://www.giacomet.com.br/_uploads/produtos/fotosDetalhes_19_0_nor.pdf>. Acesso em: 16 novembro 2017.

HIDRO MASTER. **Fan coils.** Disponível em: <http://www.hidromaster.com.br/produtos_fan_coils.php>. Acesso em: 7 junho 2017.

LAMBERTS, R. **Desempenho térmico de edificações.** 2016. 42 f. Aula 2: Conforto térmico – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LUIZETTO, L. E. F. **Conforto térmico em ambientes de escritório.** 2014. 69 f. Monografia (MBA em Gerenciamento de Facilidades) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELNICK EVEN. **Empreendimentos – ID Residences.** Disponível em: <<http://melnickeven.com.br/empreendimentos/id-residences>>. Acesso em: 16 novembro 2017.

MUSSOI, M. M. B.; GOMES, L. V. N. **Bases para definição do problema e geração de alternativas de produto industrial: sistema de calefação para residências.** 8 f. Dissertação – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PINI WEB. **Está em vigor a NBR 15.575 – Norma de Desempenho.** 2013. Disponível em: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/habitacao/esta-em-vigor-a-nbr-15575-norma-de-desempenho-292738-1.aspx>>. Acesso em: 3 junho 2017.

RINNAI. **R112-36 ME – Caldeira Mural.** Disponível em: <<https://www.rinnai.com.br/conforto/caldeira-mural/r112-36-me-caldeira-mural>>. Acesso em: 7 junho 2017.

REFORMOLAR. **Piso aquecido radiante: como funciona.** Disponível em: <<http://www.reformolar.com.br/piso-aquecido/>>. Acesso em: 7 junho 2017.

REXPERTS. **Valorização dos imóveis no Brasil.** Disponível em: <<http://rexperts.com.br/valorizacao-dos-imoveis-brasil-fipe-zap/>>. Acesso em: 16 novembro 2017.

SUDARE. **Sistema de calefação e aquecimento.** Disponível em:<<http://www.sudare.com.br/site/images/2.jpg?crc=4147659471>>. Acesso em: 7 junho 2017.

V. MARTINS. **Calefação central.** Disponível em:< <http://www.vmartins.com.br/produtos-e-servicos/calefacao-central>>. Acesso em: 7 junho 2017.