

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Mariana de Moraes Righi

**CUSTOS ADICIONAIS DE ADAPTAÇÃO DE UM EDIFÍCIO DE CINCO  
PAVIMENTOS À ABNT NBR 15575:2013: REQUISITOS  
ESTRUTURAIS, TÉRMICOS, ACÚSTICOS E LUMÍNICOS**

Santa Maria, RS, Brasil  
2020



**Mariana de Moraes Righi**

**CUSTOS ADICIONAIS DE ADAPTAÇÃO DE UM EDIFÍCIO DE CINCO  
PAVIMENTOS À ABNT NBR 15575:2013: REQUISITOS ESTRUTURAIS,  
TÉRMICOS, ACÚSTICOS E LUMÍNICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Cattelan Antocheves de Lima

Coorientador: Prof. Dr. André Lübeck

Santa Maria, RS, Brasil  
2020

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

Righi, Mariana de Moraes

CUSTOS ADICIONAIS DE ADAPTAÇÃO DE UM EDIFÍCIO DE CINCO PAVIMENTOS À ABNT NBR 15575:2013: REQUISITOS ESTRUTURAIS, TÉRMICOS, ACÚSTICOS E LUMÍNICOS / Mariana de Moraes Righi.- 2020.

131 p.; 30 cm

Orientador: Rogério Cattelan Antochaves de Lima

Coorientador: André Lübeck

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2020

1. Desempenho de edificações 2. ABNT NBR 15575:2013 3. Custo de construção I. Lima, Rogério Cattelan Antochaves de II. Lübeck, André III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

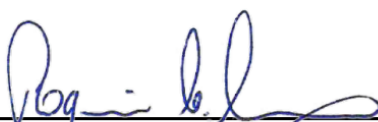
Declaro, MARIANA DE MORAES RIGHI, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

**Mariana de Moraes Righi**

**CUSTOS ADICIONAIS DE ADAPTAÇÃO DE UM EDIFÍCIO DE CINCO  
PAVIMENTOS À ABNT NBR 15575:2013: REQUISITOS ESTRUTURAIS,  
TÉRMICOS, ACÚSTICOS E LUMÍNICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**.

**Aprovado em 27 de outubro de 2020.**



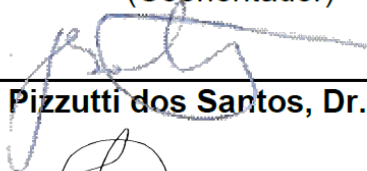
---

**Prof. Rogério Cattelan Antochaves de Lima, Dr. (UFSM) - Videoconferência**  
(Presidente/Orientador)



---

**Prof. André Lübeck, Dr. (UFSM) - Videoconferência**  
(Coorientador)



---

**Prof. Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos, Dr. (UFSM) - Videoconferência**



---

**Prof.ª Luciani Somensi Lorenzi, Dra. (UFRGS) - Videoconferência**

Santa Maria, RS, Brasil  
2020



Para Helena, amor da mamãe.  
És a melhor parte de mim.





## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, eu gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos ao professor Rogério Cattelan Antochaves de Lima, meu orientador, por sua confiança, estímulo, críticas, sugestões e principalmente compreensão, elementos fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Também ao meu marido, Luiz Roberto, pelo incentivo, dedicação e apoio. Obrigada por me estimular a seguir adiante, diminuindo o ritmo quando necessário, mas persistindo sempre em busca do que sonhamos. O amor se mostra presente quando acreditamos no sucesso um do outro.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria, em especial para meu coorientador André Lübeck.

A empresa parceira e seus profissionais, sempre solícitos e generosos para partilhar experiências e conhecimento.

Aos professores avaliadores deste trabalho, Joaquim Pizzutti e Luciani Lorenzi, que contribuíram de maneira valorosa desde a qualificação até o encerramento da dissertação.

E, para concluir, meu agradecimento profundo e carinhoso à minha família e aos amigos que estiveram presentes ao longo desta jornada, em especial aos meus pais Arnaldo e Regina, ao meu irmão Gustavo e aos meus sogros Robertinho e Zenita, muito carinho, respeito e amor.



## RESUMO

### **CUSTOS ADICIONAIS DE ADAPTAÇÃO DE UM EDIFÍCIO DE CINCO PAVIMENTOS À ABNT NBR 15575:2013: REQUISITOS ESTRUTURAIS, TÉRMICOS, ACÚSTICOS E LUMÍNICOS**

AUTOR: Mariana de Moraes Righi

ORIENTADOR: Rogério Cattelan Antochaves de Lima

A entrada em vigor da ABNT NBR 15575:2013, usualmente denominada como Norma de Desempenho, teve por objetivo regulamentar e aprimorar o desempenho das edificações brasileiras, definindo parâmetros mínimos, intermediários e superiores de desempenho para as edificações habitacionais, além de estabelecer avaliação dos mesmos. Em decorrência dos aspectos presentes na norma, o mercado da construção civil necessitou adequar-se a fim de que as edificações atingissem os níveis de desempenho exigidos, ainda que não se conhecesse o impacto financeiro nos custos de construção. Considerando que o atendimento aos requisitos previstos na norma pode ser dado por meio de diferentes soluções técnicas, as quais possuem diferentes custos de execução, torna-se preponderante a busca pela melhor relação entre os custos e o desempenho das edificações. O presente trabalho apresenta um estudo documental com objetivo de avaliar o impacto no custo de uma edificação ao implementar os requisitos da ABNT NBR 15575:2013 em um projeto de edifício residencial, padrão popular, com cinco pavimentos, concebido anteriormente à vigência da mesma. O estudo foi desenvolvido a partir da comparação de dois orçamentos, um considerando o projeto anterior à vigência da norma e outro a versão revisada adequada ao atendimento ao parâmetro mínimo dos requisitos estruturais, térmicos, acústicos e lumínicos conforme relatórios de consultorias técnicas, contratadas pela empresa parceira. A escolha por essas consultorias está relacionada ao descontentamento relatado por usuários após a ocupação de empreendimentos deste mesmo padrão. A comparação entre os orçamentos gerados indicou um aumento no custo direto da edificação de 2,75%, para a base de composições SINAPI de agosto de 2020, estado do Rio de Janeiro, sendo as adequações acústicas as mais onerosas, 2,13%, seguidas pelas estruturais, 0,47%, e lumínicas, 0,16%. O projeto não necessitou de adequações térmicas. Como resultados também foram apresentados índices por serviço aplicáveis a estimativas de custos de projetos similares, possibilitando a simulação econômica do atendimento a ABNT NBR 15575:2013 na viabilidade de empreendimentos, e foram comparados os custos totais de modo a verificar a variação para esta adequação em cada região brasileira.

Palavras-chaves: Desempenho de edificações; ABNT NBR 15575:2013; Custo de construção.



## **ABSTRACT**

### **ADDITIONAL COSTS OF ADAPTATION OF A FIVE-FLOOR BUILDING TO ABNT NBR 15575: 2013: STRUCTURAL, THERMAL, ACOUSTIC AND LUMINICAL REQUIREMENTS**

AUTHOR: Mariana de Moraes Righi  
SUPERVISOR: Rogério Cattelan Antochaves de Lima

The ABNT NBR 15575:2013, known as Performance Standard, coming into effect has as purpose to regulate and to improve Brazilian buildings performance, defining minimum, intermediate, and superior parameters of performance to the residential constructions, besides establishing evaluation criteria. Due to the aspects in the standard, the civil construction market needed to adequate itself to make the buildings get the performance levels required, although the financial impact on the construction costs were unknown. Considering that the enforcement to the parameters provided for the standard can happen through different technique solutions, which have different execution costs, it becomes preponderant to look for a better relation between the costs and performance of the buildings. This work presents a documental study aiming to evaluate the impact on a building construction cost when the requirements of ABNT NBR 15575:2013 are implemented in a popular residential building project with five floors, which was built before the ruling. The study was developed on two budgets comparison: one of them consider the project before the standard comes into effect and the other consider the revised version which is in accordance with the minimum parameter of structural, thermal, acoustic and lighting requirements in the standard, according to reports of technical consultancies, hired by the partner company. The choice of these consulting is related to the dissatisfaction reported by inhabitants after moving to buildings with the same pattern. The comparison of the budgets pointed to an increase of 2,75% in the direct cost of the building, to the Rio de Janeiro compositions base, being the acoustic adequations the most expensive, 2,13%, followed by structural adequations, 0,47%, and lighting adequations, 0,16%. The project did not need thermal adequations. Also, it was presented as results services indexes applicable to cost estimate of similar projects, making possible the economic simulation of ABNT NBR 15575:2013 application in enterprises, and total costs were compared to verify the variation to this adequation in each Brazilian region.

Key-words: Buildind performance; ABNT NBR 15575:2013; Construction cost.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Colapso progressivo do edifício Ronan Point, Londres, 1968. ....	32
Figura 2 - Fases do empreendimento e orçamento.....	62
Figura 3 - Fluxograma das etapas de elaboração de orçamentos. ....	71
Figura 4 - Árvore de fatores do grupo revestimento de fachada com massa única...	75
Figura 5- Fluxograma metodológico.....	80
Figura 6 - Corte geral da edificação. ....	83
Figura 7 - Planta baixa do pavimento térreo.....	83
Figura 8 - Planta humanizada do apartamento padrão. ....	84
Figura 9 - Implantação. ....	84
Figura 10 - Planta baixa do pavimento tipo do projeto estrutural ....	85
Figura 11 - Detalhe genérico da laje do projeto estrutural - pavimento tipo. ....	86
Figura 12 - Identificação dos blocos do empreendimento. ....	87
Figura 13 - Identificação da torre A do bloco 6.....	88
Figura 14 - Planilha orçamentária sintética. ....	89
Figura 15 - Implantação do empreendimento para simulação térmica.....	94
Figura 16 - Mapa de propagação de ruído no entorno do empreendimento ....	95
Figura 17 - Modelo esquemático para avaliação do sombreamento entre blocos.....	97
Figura 18 - Quantidade de informações conforme tipo de planilha orçamentária. ....	98
Figura 19 - Diagrama de isovalores para deformações no pavimento ....	100
Figura 20 - Adequações ao projeto estrutural apontadas pela auditoria ....	101
Figura 21 - Resultados da simulação para desempenho térmico.....	102
Figura 22 - Resultado da simulação ruídos de impacto dos sistemas de pisos ....	106
Figura 23 - Croquis esquemáticos dos contrapisos orçados. ....	106
Figura 24 - Resultado da simulação para ruídos aéreos dos sistemas de pisos.....	107
Figura 25 - Comparação entre as plantas após consultoria lumínica.....	109
Figura 26 - Imagem ilustrativa da fachada com as cores do projeto original.....	110
Figura 27 - Imagem ilustrativa da fachada com cores sugeridas pela consultoria. .	110
Figura 28 - Comparativo de custos por serviço .....	112





## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Documentos das consultorias técnicas e requisitos avaliados.....	28
Quadro 2 - Requisitos exemplificados das exigências do usuário.....	35
Quadro 3 - Histórico de documentos com enfoque em desempenho.....	36
Quadro 4 – Estrutura da ABNT NBR 15575:2013.....	40
Quadro 5 - Vida útil de projeto mínima e superior (VUP). ....	42
Quadro 6 - Critério de avaliação de desempenho térmico .....	46
Quadro 7 - Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado.....	487
Quadro 8 - Critérios de diferença padronizada de nível ponderada.....	49
Quadro 9 - Valores mínimos da diferença de nível ponderada da vedação externa...50	
Quadro 10 - Valores mínimos da diferença de nível ponderada entre ambientes.....	51
Quadro 11 - Níveis de iluminância geral para iluminação natural. ....	53
Quadro 12 - Classificações do custo de construção. ....	56
Quadro 13 - Composição SINAPI para pedreiro com encargos.....	66
Quadro 14 - Composição SINAPI para alvenaria de blocos de concreto 14cm. ....	67
Quadro 15 - Clasificações dos serviços segundo a NBR 12721.....	69
Quadro 16 - Principais relatórios de orçamento.....	70
Quadro 17 - Atualização e manutenção dos insumos SINAPI. ....	73
Quadro 18 - Composição SINAPI para massa única em fachada 25mm.....	75
Quadro 19 - Composição SINAPI para servente com encargos.....	76
Quadro 20 - Composição SINAPI para ferramentas encargos complementares. ....	77
Quadro 21 - Requisitos da ABNT NBR 15575:2013 avaliados nas consultorias.....	81
Quadro 22 - Composição SINAPI para estaca hélice contínua 30 cm de diâmetro. .90	
Quadro 23 - Estrutura do orçamento.....	98
Quadro 24 - Linhas A e B do fornecedor de esquadrias. ....	103
Quadro 25 - Componentes das esquadrias de madeira - núcleos das folhas.....	104
Quadro 26 - Resumo orçamentário com requisitos da ABNT NBR 15575:2013. ....	119



## SUMÁRIO

<b>1. Introdução .....</b>	<b>21</b>
1.1. Objetivos .....	24
1.1.1. Objetivo Geral .....	24
1.1.2. Objetivos Específicos.....	24
1.2. Justificativa .....	25
1.3. Delimitação.....	27
1.4. Estrutura do Trabalho.....	29
<b>2. A Norma de Desempenho .....</b>	<b>31</b>
2.1. Desempenho – Conceito e História .....	31
2.2. Normas de Desempenho.....	34
2.3. Norma de Desempenho ABNT NBR 15575:2013.....	38
2.3.1. Requisitos Gerais.....	39
2.3.2. Incumbências.....	40
2.3.3. Vida Útil do Edifício e Vida Útil de Projeto .....	41
2.3.4. Desempenho das Estruturas.....	42
2.3.5. Desempenho Térmico.....	44
2.3.6. Desempenho Acústico .....	465
2.3.6.1. Sistemas de Pisos .....	48
2.3.6.2. Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas .....	49
2.3.6.3. Sistemas de Coberturas .....	51
2.3.7. Desempenho Lumínico .....	52
<b>3. Orçamento e Custos na Construção Civil .....</b>	<b>55</b>
3.1. Classificações dos Custos na Construção Civil.....	55
3.2. Tipos de Orçamento .....	59
3.3. Etapas de elaboração do orçamento.....	62
3.3.1. Estudo de Condicionantes .....	62
3.3.2. Composição de Custos.....	63
3.3.2.1. Identificação de Serviços e Levantamento de Quantitativos .....	63
3.3.2.2. Cálculo dos Custos Diretos .....	64
3.3.2.3. Cálculo dos Custos Indiretos .....	67
3.3.3. Fechamento do Orçamento .....	68

3.3.4.	Estrutura do orçamento .....	68
3.3.5.	Relatórios do Orçamento.....	69
3.4.	SINAPI .....	71
3.4.1.	Insumos do SINAPI .....	72
3.4.2.	Composições do SINAPI .....	74
<b>4.</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>79</b>
4.1.	Etapa 1 – Estudo dos requisitos da ABNT NBR 15575:2013.....	80
4.2.	Etapa 2 – Elaboração dos Orçamentos .....	81
4.2.1.	Detalhes construtivos do empreendimento .....	82
4.2.2.	Orçamento atualizado .....	87
4.2.3.	Orçamento do projeto revisado .....	91
4.2.4.	Relatório de auditoria de projeto estrutural.....	92
4.2.5.	Desempenho térmico – Avaliação ABNT NBR 15575:2013.....	93
4.2.6.	Relatório de estudo de desempenho acústico.....	94
4.2.7.	Desempenho lumínico – Avaliação ABNT NBR 15575:2013 .....	96
4.3.	Etapa 3 – Comparação dos Resultados .....	97
<b>5.</b>	<b>Resultados e discussões .....</b>	<b>99</b>
5.1.	Resultados dos relatórios das consultorias.....	99
5.1.1.	Resultados do relatório de auditoria de projeto estrutural .....	99
5.1.2.	Resultado da avaliação para desempenho térmico.....	101
5.1.3.	Resultado do relatório de estudo de desempenho acústico .....	102
5.1.3.1.	Vedações verticais externas e internas.....	102
5.1.3.2.	Coberturas .....	105
5.1.3.3.	Pisos – ruído de impacto.....	105
5.1.3.4.	Pisos – ruído aéreo .....	107
5.1.4.	Resultado da avaliação para desempenho lumínico .....	108
5.2.	Comparativo de custos .....	111
5.3.	Comparativo por Banco de Dados .....	120
<b>6.</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>123</b>
	<b>Referências .....</b>	<b>125</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado imobiliário brasileiro, particularmente no segmento habitacional, vem passando por importantes mudanças, em termos de aumento da competitividade. Um dos marcos nesse sentido foi a entrada em vigor em 2013 da ABNT NBR 15575:2013, comumente conhecida como Norma de Desempenho, que trouxe a expectativa de relevantes mudanças no setor (COTTA; ANDERY, 2018).

Ao contrário das normas tradicionais, que prescrevem características dos produtos com base na consagração do uso, buscando o atendimento às exigências dos usuários de forma indireta, normas de desempenho definem as propriedades necessárias dos diferentes elementos da construção, independentemente do material constituinte, ou seja, o foco está no comportamento em uso da edificação (CBIC, 2013; ABNT, 2013a).

A ABNT NBR 15575:2013, destaca Lorenzi (2013), tem por objetivo traduzir as exigências dos usuários em requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e estabelecer métodos de avaliação, os quais sempre devem permitir a mensuração clara do seu cumprimento. Ela não substitui as normas prescritivas, é um complemento das mesmas e apresenta em seu conteúdo uma extensa relação de normas já existentes, das mais diversas áreas de conhecimento, estabelecendo ampla e solidária junção de incumbências entre os envolvidos no projeto (ASBEA, 2013).

A norma é válida para todas as edificações residenciais protocoladas após a entrada em vigor da mesma. Está dividida em seis partes (requisitos gerais, sistemas estruturais, sistemas de pisos, sistemas de vedações verticais internas e externas, sistemas de coberturas e sistemas hidrossanitários), onde estabelece parâmetros mínimos de desempenho estrutural, térmico, tátil, acústico, de iluminação, durabilidade, salubridade, manutenção, estanqueidade, funcionalidade e adequação ambiental em cada uma das partes mencionadas (ABNT, 2013a).

Consta na ABNT NBR 15575:2013, segundo Kern, Silva e Kazmierczak (2014), que não apenas o construtor, mas o adquirente do imóvel também tenha informações e incumbências sobre o desempenho do edifício, transmitidas através dos manuais de operação, uso e manutenção recebidos. Este conhecimento acerca do conceito de desempenho, fornece subsídios aos usuários para verificação da conformidade do produto entregue. Somado a isso, o Código de Defesa do Consumidor (2017) indica que os fornecedores devem colocar no mercado produtos e serviços que estejam em

acordo com as normas técnicas, tornando, quando acionado, obrigatório o atendimento aos requisitos da ABNT NBR 15575:2013.

Neste contexto, algumas construtoras, antes mesmo da validação da norma, já vinham estudando seus materiais e sistemas para a implementação dos critérios de desempenho em seus empreendimentos. As empresas consultadas por Kern, Silva e Kazmierczak (2014) comentam que já vinham considerando em seus projetos alguns requisitos propostos na ABNT NBR 15575:2013 na medida em que atendiam as demais normas (prescritivas), que estão contempladas na mesma.

Frente às novas exigências trazidas pela norma, Ruschel e Brigitte (2016), frisam a necessidade de um ambiente cada vez mais colaborativo nas tomadas de decisões ainda nas etapas iniciais do projeto, pois muitas das soluções para atingir as metas de desempenho são interdisciplinares. Silva e Abiko (1997) também salientam a necessidade de uma avaliação multicritério, e apontam que, diante das inúmeras alternativas existentes no mercado para os materiais, componentes, elementos, subsistemas e sistemas que constituem uma solução de projeto, a seleção ocorre, sobretudo, através de critérios econômicos.

Neste enfoque enquadra-se o gerenciamento de custos que, segundo Gehbauer *et al.* (2002), deve estar presente desde o início da concepção do empreendimento imobiliário, sendo utilizado como um dos balizadores para estruturar um produto e otimizar os projetos. O autor ainda recomenda fazer, a cada fase do projeto, uma nova estimativa de custos, pois o volume de informações torna-se cada vez maior e mais detalhada, permitindo cálculos mais precisos e próximos ao custo real final.

Segundo Romanholo *et al.* (2011), seja qual for o tipo de orçamento – estudo de viabilidade ou executivo –, sua elaboração pressupõe a existência de parâmetros, os quais estão relativamente bem consolidados para obras novas. Fontes como Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), ou mesmo alguns softwares desenvolvidos para orçamento e planejamento de obras, como TRON e OrçaFascio, auxiliam em sua elaboração, estabelecendo índices de consumo de materiais, de equipamentos e de mão de obra. Além disso, o histórico das obras de determinada empresa permite-lhe criar seu próprio banco de dados.

Quando utiliza-se uma base de custos confiável para estimativa dos serviços de um empreendimento, pode-se gerar e aplicar coeficientes para simular diferentes

condições de projeto (JESUS; BARROS, 2011), sendo uma tarefa essencial do mercado da construção otimizar seus custos com o desempenho das edificações. Essa premissa é demonstrada na análise das condições de desempenho acústico realizada por Bueno *et al.* (2019), onde foi possível verificar um aumento de custo de construção inferior a 0,5% ao adequar um projeto de habitação de interesse social aos parâmetros acústicos mínimos da ABNT NBR 15575:2013.

Alguns trabalhos já apresentam resultados que, quando considerados os impactos do sistema escolhido ao longo da vida útil, a alteração no custo inicial também se mostra pouco significativa. É o caso dos fechamentos de casas presentes no estudo de Tubelo *et al.* (2018) e das simulações de paredes em blocos cerâmicos de Garlet *et al.* (2017), onde consta a possibilidade de atingir os parâmetros mínimos, térmico e acústico, sem alterar o custo do sistema.

O desenvolvimento desta pesquisa contou com a colaboração de uma empresa construtora parceira, que percebeu a necessidade de adequação de um projeto elaborado antes da entrada em vigor da ABNT NBR 15575:2013 e solicitou verificações técnicas quanto ao atendimento aos critérios da norma nas áreas de estrutura, térmica, acústica e lumínica. Os relatórios emitidos por estas consultorias, assim como os projetos aos quais se embasam, foram disponibilizados para este estudo.

Considerando o exposto, a questão de pesquisa deste trabalho é: Qual o impacto no custo de construção ao se implementar as exigências mínimas da ABNT NBR 15575:2013 – Desempenho de edificações habitacionais em uma edificação de cinco pavimentos projetada anteriormente a entrada em vigor desta norma?

A relevância desta pesquisa está em demonstrar a variação no custo de um empreendimento, face as melhorias de desempenho, nos diferentes sistemas construtivos, pela implementação dos requisitos da norma, com possibilidade potencial de utilizar os índices gerados como balizadores de custo em demais projetos de mesmo padrão. Desta forma, ao aplicar estes índices, os custos relativos à melhoria de desempenho da edificação estarão presentes já na fase inicial de concepção de um empreendimento imobiliário, o estudo de viabilidade econômica, garantindo um produto com melhor conforto e durabilidade aos usuários.

## 1.1. OBJETIVOS

Considerando a importância do atendimento à ABNT NBR 15575:2013 nas novas edificações e que conhecer o custo relativo à sua implementação auxilia a tomada de decisões projetuais, os objetivos gerais e específicos deste trabalho são definidos.

### 1.1.1. Objetivo Geral

Avaliar a variação no custo de uma edificação ao incorporar os requisitos da ABNT NBR 15575:2013, para atendimento em nível mínimo, nas áreas estrutural, térmica, lumínica e acústica nos elementos e sistemas construtivos de uma edificação de cinco pavimentos, padrão PIS, em um projeto concebido anteriormente à vigência da norma, utilizando a base de composições SINAPI de agosto de 2020 para o estado do Rio de Janeiro.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Avaliar os relatórios técnicos das consultorias contratadas, fazendo uma análise crítica sobre as alterações indicadas e os benefícios aos usuários e/ou edificação pela implementação das alterações;
- Elaborar um orçamento para o projeto concebido anteriormente à vigência da ABNT NBR 15575:2013;
- Elaborar um orçamento do projeto anterior com as alterações apontadas nos relatórios das consultorias nas áreas de estrutura, acústica, lumínica e térmica visando o atendimento dos parâmetros mínimos de desempenho da ABNT NBR 15575:2013;
- Comparar os dois orçamentos elaborados identificando os coeficientes de variação de custos para os serviços afetados e para o custo direto total da edificação para o estado do Rio de Janeiro;
- Comparar a variação do custo direto total da edificação para diferentes estados brasileiros.



## 1.2. JUSTIFICATIVA

A implementação do conceito de desempenho na construção civil tem ganhado destaque no cenário nacional por ter originado transformações significativas no setor de arquitetura, engenharia e construção (RUSCHEL; BRIGITTE, 2016). As soluções para a garantia que a edificação irá atender a níveis mínimos de desempenho devem ser pensadas ainda na etapa de concepção do projeto, sendo complicada e mais onerosa uma solução posterior (BUENO *et al.*, 2019).

Nesse sentido, pode-se afirmar que o custo influencia as escolhas de projeto e, conseqüentemente, o desempenho de uma edificação. Blacherè (1967), em sua obra *Saber Construir*, uma das primeiras publicações sobre desempenho na construção, já elencava o custo entre as exigências definidas como *homo* econômicas para atingir o desempenho. Estas exigências eram compostas pelos itens durabilidade e o custo da edificação em si.

Contudo, há a expectativa de aumento do custo de construção para atender aos requisitos da ABNT NBR 15575:2013 pelos profissionais do mercado da construção (BORGES; SABBATINI, 2008; PINI, 2013; NIENKOETTER *et al.*, 2014; CTE, 2016). Para Silva e Abiko (1997), uma forma das empresas justificarem seus preços seria através da diferenciação de seus projetos, utilizando elementos que agreguem valor ao produto, segundo a percepção dos clientes, como a seleção de materiais, sistemas construtivos e projetos criativos.

Porém, no caso de empresas que trabalham com habitações populares, estas alternativas ficam limitadas ao orçamento imposto para as faixas de financiamento disponibilizadas pelo Governo Federal. Este é o caso do projeto avaliado nesta pesquisa. O empreendimento enquadra-se no padrão de projeto de interesse social (PIS), conforme a ABNT NBR 12721:2006 - Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios, e também integra o programa governamental para construção em massa de habitações de interesse social “Minha Casa Minha Vida”, implantado em 2009 no intuito de reduzir o déficit habitacional brasileiro (BRASIL, 2019).

Segundo Tubelo *et al.* (2018), esse tipo de edificação é caracterizada pelo seu baixo custo de construção, plantas repetitivas, pouca inovação e sem considerar o contexto local e climático para implantação. Afirmação corroborada por Souza (2016a) que, em seu trabalho, analisou os parâmetros térmicos, acústicos e lumínicos de um

projeto padrão PIS no estado de Rondônia. Os resultados das análises realizadas “in loco” permitiram verificar que as unidades habitacionais apresentaram desempenho térmico e acústico inadequados, e que desta forma, as técnicas e o processo construtivo não se apresentaram próprios para aquela região.

Esta tipologia de edificação, PIS, segue um programa mínimo composto por sala, dois dormitórios, cozinha, área de serviço e banheiro, onde a área mínima por cômodo não é especificada, porém, cada ambiente tem um mobiliário mínimo apontado e os projetistas devem formatar a unidade habitacional de maneira que a área útil dos apartamentos não seja inferior a 39 m<sup>2</sup> (BRASIL, 2018). Embora, o atendimento à ABNT NBR 15575:2013 esteja expressamente citado na Portaria nº 660 (2018), a aplicação do conceito de desempenho é uma complexidade a mais para a viabilização deste modelo de empreendimento.

No intuito de verificar o atendimento ao parâmetro mínimo dos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575:2013, a empresa construtora parceira buscou consultorias técnicas especializadas para simular os cenários térmico e lumínico, avaliar as características acústicas ambientais no entorno do terreno e estimar o impacto sonoro nas fachadas do futuro empreendimento, além submeter o projeto estrutural a uma auditoria.

Os relatórios gerados pelas consultorias técnicas descrevem as necessidades de adequação e listam algumas estratégias para que a edificação atinja o parâmetro mínimo de desempenho estabelecido pela ABNT NBR 15575:2013. Desta forma, foi possível realizar alterações pontuais nos projetos já existentes e contemplar estas mudanças no orçamento da obra.

Portanto, o estudo do custo ao implementar-se o desempenho na construção, embora seja um dos principais fatores de influência na tomada de decisão para projetos, ainda segue incipiente. Nesta lacuna, enquadra-se este trabalho que visa quantificar e identificar a variação financeira para adaptar um projeto ao atendimento dos parâmetros mínimos da ABNT NBR 15575:2013, estabelecendo índices que possam ser aplicados às estimativas de custos de construtoras que ainda estão adaptando seus processos para o atendimento da mesma.

### 1.3. DELIMITAÇÃO

O projeto avaliado nesta pesquisa enquadra-se no padrão de projeto de interesse social (PIS) e a empresa construtora parceira buscou consultorias especializadas nas áreas de estrutura, térmica, acústica, e lumínica para verificação e adequação aos parâmetros de desempenho estabelecidos pela ABNT NBR 15575:2013.

A escolha inicial por estas consultorias está relacionada ao desconforto relatados pelos usuários nas unidades habitacionais entregues por esta construtora, percepção que é confirmada em pesquisas de avaliação pós-ocupação, onde são apontadas necessidades de melhorias espaciais, térmicas, acústicas e lumínicas nas edificações analisadas (FABRICIO; BRITO; VITTORINO, 2017; SANTANA *et al.*, 2017; TUBELO *et al.*, 2018; VILLA; SARAMAGO; GARCIA, 2015). Já, a auditoria estrutural é uma exigência da ABNT NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, onde a avaliação da conformidade do projeto por profissional independente e diferente do projetista consta na relação de documentos do projeto de estruturas (2014a).

Este aspecto limitou o estudo do impacto no custo de construção ao implementar os requisitos da ABNT NBR 15575:2013 as especialidades das consultorias contratadas, verificando, portanto, os parâmetros estruturais, térmicos, lumínicos e acústicos em um projeto de edifício residencial com cinco pavimentos, concebido anteriormente à vigência da mesma. O Quadro 1 apresenta um resumo dos documentos apresentados pelos consultores técnicos e quais requisitos de desempenho foram avaliados.

Cada documento apresenta a avaliação de pontos específicos de sua área de atuação e prescreve recomendações para adequação do projeto ao atendimento à ABNT NBR 15575:2013. Neste trabalho, foi realizada a aplicação destas adequações no projeto original e seu respectivo levantamento quantitativo para fins orçamentários. Não há a verificação dos resultados apresentados pelas consultorias técnicas, somente a aplicação dos mesmos.

Quadro 1 - Documentos das consultorias técnicas e requisitos avaliados.

<b>Documento</b>	<b>Requisito Avaliado</b>
<b>Auditoria estrutural</b>	Estabilidade e resistência estrutural;
	Deformações, fissurações ocorrência de outras falhas;
<b>Avaliação para atendimento - Desempenho térmico</b>	Exigências de desempenho no verão;
<b>Relatório de estudo de desempenho acústico</b>	Isolação acústica de vedações externas – Sistemas de vedações verticais;
	Isolação acústica entre ambientes – Sistemas de vedações verticais;
	Isolamento acústico da cobertura devido a sons aéreos;
	Isolamento de ruído aéreo dos sistemas de pisos entre unidades habitacionais;
	Ruído de impacto em sistema de pisos;
<b>Avaliação para atendimento - Desempenho lumínico</b>	Iluminação natural.

Fonte: elaborado pelo autor

Outro ponto importante a elucidar é o fato deste estudo de custo ser composto apenas pelas composições de custo das despesas diretas de uma obra, utilizando a base SINAPI. Nestes custos estão os materiais, equipamentos e mão de obra – acrescida dos encargos sociais aplicáveis, equipamentos e os encargos complementares: equipamentos de proteção e segurança individuais (EPI), transporte, alimentação, ferramentas, exames médicos obrigatórios e seguros de vida em grupo (CAIXA ECONOMICA FEDERAL, 2020).

O trabalho foi realizado sobre itens quantificáveis e diretamente identificáveis nos projetos fornecidos. Custos e despesas indiretas, por envolverem distinções de prazo, equipe e gestão, particulares de cada construtora, não fizeram para desta estimativa.

#### 1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação é estruturada em seis capítulos expostos a seguir.

O capítulo 1 apresenta o tema da pesquisa e a justificativa para sua escolha, contextualizando os mesmos. Os objetivos, as delimitações e estrutura do trabalho também são destacados.

No capítulo 2, é iniciada a fundamentação teórica da dissertação, apresentando o desenvolvimento do conceito de desempenho e sua aplicação no setor da construção civil brasileiro. São realizadas discussões a respeito de terminologias e sobre a evolução desse tema no cenário internacional e brasileiro, até a publicação da ABNT NBR 15575:2013. Ainda, é apresentada a própria norma com destaque aos temas que os relatórios das consultorias contratadas pela empresa parceira irão abordar.

Na sequência, ainda como fundamentação teórica, no capítulo 3, são abordados os temas orçamento e custo na construção, onde são revisados os conceitos e tipos de sistemas orçamentários e sua aplicação na gestão e controle de empresas construtoras. São expostos também, nesta parte do trabalho, a estrutura dos orçamentos, os tipos de relatórios utilizados nesta pesquisa e os conceitos utilizados pela base SINAPI.

O capítulo 4 trata da metodologia adotada para a pesquisa e sua divisão em etapas. Primeiramente é descrito o empreendimento, após os documentos fornecidos para a elaboração desta dissertação e então é realizado o delineamento do trabalho e são descritas as etapas para elaboração dos orçamentos e comparativos.

O capítulo 5 traz os resultados dos relatórios técnicos das consultorias contratadas pela construtora e expõe os resultados dos comparativos de custos entre os projetos. Na sequência, no capítulo 6, é realizada a conclusão deste estudo e são abordados temas para dar continuidade a esta pesquisa.



## 2. A NORMA DE DESEMPENHO

Neste capítulo, é apresentado um breve histórico do tema desempenho de edificações desde o início do século XX até o momento atual no Brasil, com a entrada em vigência da ABNT NBR 15575:2013. Na sequência, o conceito de desempenho e a sua aplicação às edificações habitacionais são abordados, assim como os desafios para implantação da ABNT NBR 15575:2013 na cadeia produtiva da construção civil brasileira.

### 2.1. DESEMPENHO – CONCEITO E HISTÓRIA

Conforme definição do dicionário Michaelis (1998), desempenho é um modo de executar uma tarefa que terá, posteriormente, seu grau de eficiência submetido à análise ou apreciação. Aplicando este conceito à construção civil, pode-se transcrever a tarefa como edificação e o usuário como sujeito da análise e apreciação deste produto. Portanto, o comportamento em uso de uma edificação e seus sistemas (CBIC, 2013).

Colocando em um contexto histórico, o conceito de desempenho do ambiente construído, surgiu na reconstrução da Europa após a Segunda Guerra Mundial. Segundo Carlo (2007), as reconstruções executadas nos anos 50 e 60 geraram insatisfação aos usuários, pois as exigências para conforto, desempenho de materiais e qualidade do ambiente construído eram outras no pós-guerra. Por estas razões, inúmeros edifícios desta fase foram reconstruídos na década de 70.

Salas (2008) ressalta que nessa fase histórica, os sistemas pré-moldados a base de grandes painéis foram uma solução economicamente viável na Europa para a urgência na demanda de moradias. Porém, a aplicação destes métodos construtivos, sem o correto planejamento e técnica, fez surgir um elevado número de manifestações patológicas e problemas urbanísticos que, por sua vez, inviabilizaram o uso de parte das edificações.

Para elucidar os problemas gerados pela implementação de uma inovação sem o necessário estudo técnico do sistema construtivo, Campos (2016) cita o colapso

estrutural ocorrido em 1968, em Londres, do edifício Ronan Point<sup>1</sup>, executado em painéis pré-moldados (Figura 1), que marca o declínio das construções habitacionais massivas no Reino Unido. Em 1970, cresce a controvérsia sobre as condições de conservação de alguns destes conjuntos.

Figura 1 – Colapso progressivo do edifício Ronan Point, Londres, 1968.



Fonte: (LARANJEIRAS, 2011).

Neste mesmo período foi criado o *Centre Scientifique et Technique du Batiment* – *CSTB*, organização francesa que realiza pesquisas de inovações, consultorias, testes, treinamentos e certificações na indústria da construção. Foi fundada em 1947 no intuito de apoiar o esforço de reconstrução europeu no pós-guerra (CSTB, 2019).

---

<sup>1</sup> Ronan Point era um conjunto de edifícios de apartamentos, destinado a população de baixa renda, construído entre 1966 a 1968, em Londres. Em 1968, um vazamento de gás em cozinha do 18º pavimento de um dos edifícios provocou uma explosão, expulsando uma das paredes externas, gerando o desabamento das lajes e paredes dos andares acima. O impacto e peso dessas estruturas sobre as lajes inferiores provocaram o colapso progressivo das mesmas. Em essência, a estrutura assemelhava-se a um castelo de cartas, sem ligações redundantes para redistribuição das cargas, no caso de uma ruptura localizada. O edifício foi restaurado e reforçado, mas as persistentes preocupações com sua segurança conduziram à sua total demolição em 1986 (LARANJEIRAS, 2011).



Na década de 60, Gérard Blachère, diretor-presidente do CSTB, fez uma proposta de desempenho e escreveu o livro *Savoir Bâtir* (Saber Construir) que até hoje é referência na assunto. Para Blachere (1967), o conceito de desempenho de edificações pode ser entendido como o comportamento em uso das construções ao longo da vida útil. Em outras palavras, a habitação deve atender as atividades das pessoas (trabalhar, estudar e residir), e também as exigências de durabilidade, que são aquelas que devem ser cumpridas durante a vida útil da edificação, atendendo aos usos e resistindo aos agentes agressores.

Em paralelo, na década de 70, quatro institutos escandinavos de pesquisa em construção se reuniram e formaram o CIB Working Commission W60 – O Conceito de Performance em Edificações. Esta comissão tinha por objetivo estabelecer uma estrutura conceitual e uma tecnologia sobre desempenho dos edifícios que pudesse ser adotada em âmbito internacional, bem como promover a troca de experiências entre vários organismos que estudam o assunto (SILVA, 2011).

Em uma das publicações resultantes destes encontros, foi definido o seguinte conceito para performance, ou desempenho, termo utilizado neste trabalho:

A abordagem de performance é, acima de tudo, a prática de pensar e agir em termos de fins e não de meios. Está relacionada com o que um edifício ou produto de uma edificação é solicitado a realizar, e não com a prescrição de como deve ser executado (GIBSON, 1982).

Nestas definições, fica evidente o papel do usuário como guia na orientação das exigências de habitabilidade de uma edificação. O próprio Gibson (1982) aborda este tema, introduzindo a seguinte pergunta em seu artigo: Como são determinados os requisitos de desempenho? Ele responde a este questionamento criando os conceitos de requisitos do usuário e requisitos de desempenho:

- Requisitos do usuário: são geralmente definidos em termos qualitativos que podem ser descritos como metas que a edificação deve atingir;
- Requisitos de desempenho: define em termos quantitativos as necessidades do usuário. Para determiná-los, é importante estabelecer critérios científicos, contextualização climática e social.

Blachere (1967) faz uma pergunta similar: é possível formar uma lista de tudo que exigimos de uma edificação? E responde desmembrando exigências de

habitabilidade (fisiológicas, psicológicas e sociológicas) e econômicas (durabilidade e custo).

Sintetizando as definições de Gibson e Blachere pode-se traduzir as necessidades humanas em necessidades dos usuários, tais como segurança, conforto, funcionalidade, etc. e são transformadas em requisitos e critérios de desempenho que devem ser implementados no projeto e execução de uma edificação para garantir um desempenho satisfatório ao longo da vida útil do edifício (HOPFE; AUGENBROE; HENSEN, 2013).

Na ABNT NBR 15575:2013, o desempenho é definido como o comportamento em uso de uma edificação e seus sistemas. A norma ainda aborda a forma de estabelecer o desempenho por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, os quais sempre permitem a mensuração clara do seu cumprimento. Esta avaliação, segundo a ABNT (2013a), busca analisar a adequação ao uso de um sistema ou de um processo construtivo destinado a cumprir uma função, independentemente da solução técnica adotada.

## 2.2. NORMAS DE DESEMPENHO

Em 1980, um marco importante para a aplicação do conceito de desempenho de edificações ocorreu por meio da *International Organization for Standardization* (ISO) 6240:1980 – *Performance Standards in Building: Contents and Presentation*, que especificava os conteúdos básicos a serem incluídos em normas de desempenho. A intenção era criar um guia para os comitês normativos (ISO, 2016). Na sequência, em 1984, foi publicada a ISO 6241:1984 - *Performance Standards in Building: Principles for their Preparation and Factors to be Considered*,, ela complementa a ISO 6240 e apresenta os princípios de projetos, os fatores que devem ser considerados para o desempenho da edificação e as exigências do usuário (Quadro 2).

Quadro 2 - Requisitos exemplificados das exigências do usuário.

Item	Categoria de requisitos	Exemplos
1	<b>Estabilidade</b>	Resistência mecânica para ações estáticas e dinâmicas, ambas em combinação ou individuais. Resistência ao impacto de causo intencional ou acidentária. Efeitos de fadiga.
2	<b>Segurança contra fogo</b>	Riscos de eclosão de fogo e propagação de chamas. Efeitos fisiológicos da fumaça e calor. Tempo de alarme (detecção e sistemas de alarme). Tempo de evacuação (rotas de fuga). Tempo de sobrevivência (compartimentação do fogo).
3	<b>Segurança em uso</b>	Segurança com respeito a agentes agressivos (proteção contra explosões, combustão, pontos e arestas cortantes, mecanismos móveis, eletrocussão, radioatividade, inalação ou contato com substâncias tóxicas, infecção). Segurança durante movimentações e circulações (limitação de pisos escorregadios, passagens desobstruídas, guarda corpos, etc.).
4	<b>Tensão</b>	Água condutora de tensão (chuva, terreno encharcado, água potável, água servida, etc.). Ar e gases condutores. Fumaça e poeira condutoras.
5	<b>Hilgrotermia</b>	Controle da temperatura do ar, radiação térmica, velocidade e umidade relativa do ar (limitação da variação no tempo e no espaço através de controladores). Controle da condensação.
6	<b>Pureza do ar</b>	Ventilação. Controle de odores.
7	<b>Acústica</b>	Controle de ruídos internos e externos (contínuos e ou intermitentes). Inteligibilidade do som. Tempo de reverberação.
8	<b>Visual</b>	Iluminação natural e artificial (requisitos de luminescência, ofuscamento, contraste e estabilidade da luz). Luz solar (insolação). Possibilidade de escuridão. Aspectos dos espaços e superfícies (cor, textura, regularidade, homogeneidade, verticabilidade, horizontabilidade, perpendicularidades, etc.). Contato visual com o mundo interno e externo (conexões e barreiras para privacidade, liberdade de distorção ótica).
9	<b>Táctil</b>	Propriedade de superfícies, aspereza, lisura, calor, maciez, flexibilidade. Possibilidade de dissipação de eletricidade estática.
10	<b>Dinâmica</b>	Limitação de aceleração ou vibração de objetos (transitório e contínuo). Conforto de uso em áreas de vento intenso. Facilidade de movimentos (inclinação de rampas e escadas). Habilidade manual (operação com portas, janelas, controle de equipamentos, etc.).
11	<b>Higiene</b>	Facilidade de cuidado e limpeza. Abastecimento de água. Purificação. Evacuação de água servida, lixo e fumaça. Limitação de emissão de contaminantes.
12	<b>Conveniência de espaços para usos específicos</b>	Número, dimensões, geometria, subdivisão e inter-relação de espaços. Facilidade de mobiliar, flexibilidade.
13	<b>Durabilidade</b>	Conservação da performance para requisitos de vida útil, para uma manutenção regular.
14	<b>Econômicos</b>	Capital, manutenção e andamento dos custos. Custos de demolição.

Fonte: (ISO, 1984).

Hoje, a ISO 19208:2016 - *Framework for specifying performance in buildings* (2016) englobou as normas ISO anteriores relativas a desempenho, fornecendo a estrutura para especificar o desempenho de um edifício como um todo ou parte dele, a fim de satisfazer os requisitos especificados do usuário e as expectativas da sociedade. A norma tem por objetivo prestar assistência a qualquer interessado em especificar o desempenho de atributos e aspectos de um edifício ou parte dele. Ela é referenciada em praticamente todas as normas de desempenho particulares de cada país.

No Quadro 3, Souza (2016b) resume o histórico das principais iniciativas nacionais e internacionais de documentos com enfoque em desempenho. Cabe ressaltar que o CIB foi referência para a ISO e esta para os demais documentos.

Quadro 3 - Histórico de documentos com enfoque em desempenho.

Ano	Origem	Organização	Documento	Descrição
<b>1960 (década)</b>	Internacional	CIB	Comissão CIB W60 - Conceito de Desempenho na Edificação	Definir o desempenho dos edifícios.
<b>1980 (década)</b>	Internacional	ISO	ISO 6240/1980 e ISO 6241/1984	Normas de desempenho em edificações.
<b>1984</b>	Europa	ECE	Compêndio de Modelos de Disposições para Regras de Construção	Conjunto de soluções e regras para construção.
<b>1994</b>	EUA	ICC	Código de Desempenho para Edifícios e Instalações	Código único de construção dos Estados Unidos.
<b>2002</b>	Europa	CEN	Eurocodes	Códigos que incluem requerimentos em função de desempenho.
<b>2005</b>	Canadá	-	Código de Construção Baseado em Objetivos	Código com requisitos de desempenho de acordo com sua finalidade.
<b>2006</b>	Espanha	-	Código Técnico de Edificações	Dividido em partes e apresenta requisitos de desempenho para os sistemas construtivos.
<b>2013</b>	Brasil	ABNT	ABNT NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais - Desempenho	Requisitos de desempenho para edificações residenciais.

Fonte: Adaptado de Souza (2016b).

Desde que o conceito de desempenho em edificações passou a ser debatido, comitês e comissões foram realizadas por vários países na intenção de implementar, em diferentes graus, estes critérios em suas construções, projetos e avaliações (FOLIENSTE, 2000). Na União Européia, a iniciativa mais estruturada para o estudo do desempenho teve início em 2000, com a criação da Rede Temática PeBBu (Performance Based Building, ou Construção Baseada no Desempenho). Trata-se de um projeto de pesquisa criado pela Comunidade Européia para consolidar todos os trabalhos anteriores sobre o assunto (SZIGETI; DAVIS, 2005).

Os autores ainda ressaltam que, para este grupo, a base de todas as atividades do edifício deve ser o desempenho deste em uso, ao invés de uma receita de como o edifício deve ser construído. A intenção é permitir aos construtores uma flexibilidade em relação às soluções de projeto, ao criar possibilidades de inovação e prover a oportunidade para soluções com custo otimizado e com melhor qualidade de construção, construindo de forma tão eficaz quanto possível.

No Brasil, o conceito de desempenho foi introduzido com a chegada dos novos sistemas construtivos que surgiram, assim como na Europa, para suprir o déficit de habitações. Estas tecnologias foram utilizadas principalmente na construção dos grandes conjuntos habitacionais na Bahia e em São Paulo, que serviram de grande laboratório para inovações, na década de 70 (SANTOS FILHO, 2015).

Conforme Mitidieri Filho (1998), os produtos empregados nesses conjuntos habitacionais nem sempre tiveram sua tecnologia devidamente desenvolvida e avaliada, assim muito deles apresentaram problemas patológicos, comprometendo aspectos de segurança e habitabilidade.

Por estas razões, ainda na década de 70, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) começou a abordar o assunto desempenho em suas pesquisas (SANTOS FILHO, 2015), dando continuidade aos estudos na área nas décadas seguintes. O autor reitera que, com o estímulo à racionalização e à industrialização, pesquisas relacionadas à criação de novos sistemas construtivos foram surgindo e, juntamente com as mesmas, os seus métodos de avaliação, a fim de estudar o comportamento durante a sua vida útil.

Em 1998, em uma parceria entre IPT e o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) e posteriormente com a Caixa Econômica Federal, foram desenvolvidos projetos que resultaram no nascimento da Comissão de Estudos da ABNT em 2000. O foco destes estudos, segundo Borges e Sabbatini

(2008) era unificar os trabalhos por meio da elaboração de normas técnicas para a avaliação de edifícios habitacionais, utilizando como princípio fundamental o conceito de desempenho, que resultou na publicação, em 2008, da ABNT NBR 15575:2013 Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho.

No entanto, após vários julgamentos sobre correções e aperfeiçoamentos, com os objetivos iniciais ampliados, especificando também outros sistemas de edificações, inovadores ou não, e definições para obtenção do desempenho ao longo de uma vida útil mínima obrigatória, a norma entrou efetivamente em vigor em julho de 2013, representando uma conquista e um marco para a sociedade e o mercado habitacional brasileiro.

### 2.3. NORMA DE DESEMPENHO ABNT NBR 15575:2013

A Norma de Desempenho, no modo como a conhecemos hoje, foi publicada pela ABNT em 19 de fevereiro de 2013 por meio do texto da ABNT NBR 15575:2013. Foi nomeada “Edificações habitacionais – Desempenho” e entrou em vigor em julho do mesmo ano.

O texto foi o primeiro a oficializar um regulamento sobre a qualidade de uma construção habitacional brasileira. Essa qualidade mínima exigida resulta na melhoria dos indicadores de desempenho de uma edificação tendo como base o conforto do consumidor. A intenção é que, dessa maneira, os empreendimentos adquiram, cada vez mais, um padrão de excelência (CAMPOS, 2016).

Nas normas prescritivas (ou tradicionais) os produtos utilizados tinham suas características prescritas de acordo com a consagração de seu uso. As normas de desempenho, por outro lado, são estabelecidas com base nas respostas que um produto deve apresentar, independente dos materiais constituintes, quando submetido a determinadas condições de exposição e uso (AMANCIO; FABRICIO; MITIDIARI FILHO, 2012).

As normas assim elaboradas visam de um lado incentivar e balizar o desenvolvimento tecnológico e, de outro, orientar a avaliação da eficiência técnica e econômica das inovações tecnológicas (ABNT, 2013). Ou seja, ela não apenas fomenta a inovação aplicada aos sistemas construtivos como também baliza e ampara o consumidor nos padrões mínimos de qualidade que devem ser atendidos.

A ABNT NBR 15575:2013 especifica critérios mínimos de desempenho para os sistemas das edificações, além de definir as incumbências e intervenções necessárias para a vida útil mínima obrigatória das construções (SILVA *et al.*, 2015). Portanto, torna-se necessário elencar seus principais aspectos para facilitar sua compreensão.

### **2.3.1. Requisitos Gerais**

A estrutura básica da norma propõe a avaliação de desempenho através da previsão do comportamento potencial do edifício, dos seus elementos e componentes, quando submetidos às condições de exposição específicas do local de implantação (temperatura do ar, temperatura radiante, umidade do ar, ventos, pluviometria e etc), avaliando se este comportamento satisfaz às exigências dos usuários, do ponto de vista qualitativo e quantitativo as quais a habitação deve atender, ou seja, respectivamente, os requisitos e critérios de desempenho (SANTOS FILHO, 2015).

Na ABNT NBR 15575:2013 são apresentados os requisitos gerais, aplicáveis às edificações como um todo, e requisitos particularmente aplicáveis a determinados sistemas. É constituída das seguintes partes:

- Parte 1: Requisitos gerais;
- Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
- Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Na primeira parte, a norma é mais orientativa, traz a definição de vida útil de um projeto e apresenta as regras de desempenho mínimas que uma edificação deve atender. Quanto às exigências dos usuários, estão divididas em três áreas: segurança, habitabilidade e sustentabilidade (Quadro 4). Conforme Lorenzi (2013), cada área é subdividida em responsabilidades, onde se atribui desempenho mínimo que deve ser atendido pelo edifício quando em uso, durante a vida útil, e desempenhando sua função no meio onde está inserido. Quando a totalidade das

responsabilidades tem desempenho comprovado à função que foi projetado, diz-se que a edificação tem desempenho adequado.

Quadro 4 – Estrutura da ABNT NBR 15575:2013.

Segurança	Habitabilidade	Sustentabilidade
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Segurança estrutural</li> <li>• Segurança contra o fogo</li> <li>• Segurança no uso e na operação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estanqueidade</li> <li>• Desempenho térmico</li> <li>• Desempenho acústico</li> <li>• Desempenho lumínico</li> <li>• Saúde, higiene e qualidade do ar</li> <li>• Funcionabilidade e acessibilidade</li> <li>• Conforto tátil e antropodinâmico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durabilidade</li> <li>• Manutenibilidade</li> <li>• Impacto Ambiental</li> </ul>

Fonte: elaborado pelo autor com base na ABNT NBR 15575:2013 (2013a).

### 2.3.2. Incumbências

Uma das características da ABNT NBR 15575:2013 é a responsabilização dos envolvidos para que a edificação atenda, durante seu período de vida útil, o desempenho projetado. Abaixo, é apresentado um resumo das principais incumbências referidas na norma:

- a) **Fornecedor de insumo, material, componente e/ou sistema:** devem fornecer resultados comprobatórios do desempenho de seus produtos;
- b) **Projetista:** devem estabelecer a vida útil projetada (VUP) de cada sistema que compõe a norma, especificar materiais, produtos e processos que atendam desempenho mínimo estabelecido;



- c) **Construtor e incorporador:** devem identificar os riscos previsíveis na época de projeto e providenciar estudos técnicos requeridos para embasar os projetistas. Cabe também elaborar o manual de operação, uso e manutenção (MUOM) do condomínio, onde devem constar o VUP e prazos de garantia dos elementos e sistemas;
- d) **Usuário:** cabe utilizar corretamente a edificação, não realizando, sem prévia autorização da construtora e/ou do poder público, alterações na sua destinação, nas cargas ou nas solicitações previstas nos projetos originais. Cabe ainda realizar as manutenções preventivas e corretivas de acordo com o estabelecido no MUOM do imóvel.

O processo das habitações, nas suas diferentes fases, segundo CBIC (2013) requer ações concretas dos diferentes intervenientes visando atingir e manter os níveis de desempenho pretendidos. Esta é uma abordagem diferenciada para as demais normas, pois profissionais e usuários possuem deveres com o produto gerado.

### **2.3.3. Vida Útil do Edifício e Vida Útil de Projeto**

A ABNT NBR 15575:2013 define a vida útil de um edifício (VU) como uma medida temporal da durabilidade de um edifício ou de suas partes. Detalhando que corresponde ao período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento dos níveis de desempenho previstos na norma, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção.

A vida útil de projeto (VUP), diferencia-se da VU por ser uma estimativa teórica de tempo que compõe o tempo de vida útil. O tempo de VU pode ou não ser confirmado em função da eficiência e registro das manutenções, de alterações no entorno da obra, fatores climáticos, etc (ABNT, 2013a).

A norma ainda acrescenta que a VUP é definida pelo incorporador e/ou proprietário e projetista, e expressa previamente. Por se tratar de uma decisão de projetos que tem de ser estabelecida inicialmente para balizar todo o processo de produção do bem. Estabelecendo-se a obrigação de que todos os intervenientes atuem no sentido de produzir o elemento com as técnicas adequadas para que a VU

atingida seja maior ou igual à VUP. Este balizamento é importante no sentido de evitar a produção de bens de menor custo inicial, porém menos duráveis, de maior custo de manutenção e provavelmente de maior custo global.

No Quadro 5, seguem exemplos de VUP mínimas e superiores considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 (2012) e especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à norma ABNT NBR 14037 (2014b).

Quadro 5 - Vida útil de projeto mínima e superior (VUP).

Sistema	VUP anos	
	Mínimo	Superior
Estrutura	≥50	≥75
Pisos internos	≥13	≥20
Vedação vertical externa	≥40	≥60
Vedação vertical interna	≥20	≥30
Cobertura	≥20	≥30
Hidrossanitário	≥20	≥30

Fonte: (ABNT, 2013a).

#### 2.3.4. Desempenho das Estruturas

A estrutura principal e seus elementos devem ser projetados e construídos de modo que, sob condições pré-estabelecidas de uso, mantenham sua capacidade funcional durante a vida útil do projeto. Para estruturas, o período mínimo seria 50 anos (BOLINA *et al.*, 2014).

A ABNT NBR 15575:2013 (2013b) estabelece requisitos para que a estrutura da edificação atenda, durante a sua vida útil de projeto, sob as diversas condições de exposição (ação do peso próprio, sobrecargas de utilização, atuações do vento e outros), as seguintes exigências:

- a) Não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;

- b) Prover segurança aos usuários sob ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação, previsíveis na época do projeto;
- c) Não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos da edificação, admitindo-se tal exigência atendida caso as deformações se mantenham dentro dos limites estabelecidos nesta norma;
- d) Não repercutir em estados inaceitáveis de fissuração de vedação e acabamentos;
- e) Não prejudicar a manobra normal de partes móveis, como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento normal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais;
- f) Cumprir as disposições das ABNT NBR 5629, ABNT NBR 11682 e ABNT NBR 6122 relativamente às interações com o solo e com o entorno da edificação.

São três requisitos principais abordados na norma para desempenho estrutural, cada um com seus critérios, níveis de desempenho e métodos de avaliação descritos na ABNT NBR 15575-2:2013 ou norma relacionada. São eles:

- Estabilidade e resistência estrutural;
- Deformações, fissurações ocorrência de outras falhas;
- Impactos de corpo mole e corpo duro.

Para a estabilidade e resistência do sistema estrutural e demais elementos com função estrutural são aplicados como critério o estado-limite último, que considera as combinações de carregamento de maior probabilidade de ocorrência para apresentar um nível específico de segurança contra a ruína. Os métodos de avaliação podem ser realizados através de cálculos ou ensaios, sendo este aplicável em casos específicos de estruturas inovadoras e para edifícios de até cinco pavimentos.

Nos cálculos, as condições de desempenho devem ser comprovadas analiticamente, demonstrando o atendimento ao estado-limite último, devendo as ações respeitarem as normas vigentes e as considerações estabelecidas em projeto. O modelo pode ser estruturado como a composição de elementos estruturais básicos, deve representar a geometria dos elementos estruturais, os carregamentos atuantes,

as condições de contorno, as características e respostas dos materiais, sempre em função do objetivo específico de análise (ABNT, 2014a).

Para deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural, a ABNT NBR 15575:2013 apresenta o estado-limite de serviço, que está relacionado à durabilidade das estruturas, aparência, conforto do usuário e à boa utilização funcional das mesmas. Os componentes não podem apresentar deslocamentos ou fissuras máximas quando sob a ação de cargas gravitacionais, de temperatura, de vento (NBR 6123) ou recalques diferenciais das fundações, por exemplo (ASBEA, 2013).

### **2.3.5. Desempenho Térmico**

O adequado desempenho térmico repercute no conforto das pessoas e em condições adequadas para o sono e atividades normais em uma habitação. A sua avaliação depende de diversas características do local da obra e da edificação, como topografia, temperatura, umidade do ar, vento, materiais constituintes, implantação e volumetria (CBIC, 2013).

A ABNT NBR 15575:2013 considera a zona bioclimática definida na ABNT NBR 15220-3 (2003) como diretriz para as exigências de conforto térmico e estabelece três procedimentos para a avaliação do desempenho térmico das edificações: um método simplificado, que envolve cálculos de propriedades térmicas de componentes da envoltória, como paredes externas e cobertura, e dois métodos detalhados, relativos a simulações computacionais ou medições no local (FABRICIO; BRITO; VITTORINO, 2017).

Sorgato *et al.* (2014) resumem os procedimentos da seguinte forma: no método simplificado, verifica-se o atendimento aos requisitos e critérios para fachadas (transmitância e capacidade térmica) e coberturas (transmitância térmica e absorvância à radiação solar), conforme partes 4 e 5 da ABNT NBR 15575:2013. Caso a edificação não atinja os requisitos estabelecidos por esse primeiro procedimento, recorre-se à simulação ou medição.

O método simplificado, apesar de ser uma ferramenta de aplicação rápida, pode apresentar incertezas consideráveis em seus resultados, afirma Chvatal (2014) que em seu trabalho compara os métodos simplificado e de simulação, e constatou que o procedimento simplificado não representa de forma correta os impactos da

transmitância e da absorvância da envolvente avaliados pelo método de simulação, podendo levar a uma classificação de desempenho equivocada.

Na simulação, verifica-se o atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na parte 1 da ABNT NBR 15575:2013, através do uso de softwares de simulação computacional. É recomendado o emprego do programa *EnergyPlus*. A edificação é avaliada como um todo e devem ser utilizados os dados climáticos, presentes no Anexo A da norma, para caracterizar os dias típicos de verão e inverno, ou da cidade mais próxima, desde que na mesma Zona Bioclimática, conforme ABNT NBR 15220-3:2003.

Para a geometria do modelo de simulação, deve ser considerada a habitação como um todo, orientada conforme implantação, sendo cada ambiente tratado como uma zona térmica. Quando em fase de projeto, para edifícios multipiso, deve-se selecionar as unidades habitacionais mais representativas e críticas do ponto de vista térmico, as localizadas no último andar e com cobertura exposta, neste caso. A norma também faz recomendações para as escolhas das unidades analisadas quando verão e inverno.

A simulação deve ser realizada em todos os recintos da unidade habitacional, considerando as trocas térmicas entre seus ambientes e realizar comparações entre a temperatura externa e a temperatura interna dos ambientes de maior permanência (salas e dormitórios), para os dias típicos de verão e inverno, conforme Quadro 6.

Segundo a ABNT (2013a), o valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como, por exemplo, salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral), deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior. Agora, os valores mínimos diários da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, no dia típico de inverno, devem ser sempre maiores ou iguais à temperatura mínima externa acrescida de 3 °C.

Na composição de materiais para simulação, a ABNT NBR 15575:2013 indica a utilização de dados para as propriedades térmicas dos materiais e componentes construtivos obtidos em laboratório, através de método de ensaio normalizado. Na ausência destes, há a possibilidade de utilizar os dados disponibilizados na ABNT NBR 15220-2:2003 como referência.

Quadro 6 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão e inverno.

		Zonas bioclimáticas							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Verão	Mínimo	$T_{i, \max} \leq T_{e, \max}$							
	Intermediário	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 2 \text{ }^\circ\text{C})$					$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 1 \text{ }^\circ\text{C})$		
	Superior	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 4 \text{ }^\circ\text{C})$					$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 2 \text{ }^\circ\text{C})$ e $T_{i, \min} \leq (T_{e, \min} + 1 \text{ }^\circ\text{C})$		
Inverno	Mínimo	$T_{i, \min} \geq (T_{e, \min} + 3 \text{ }^\circ\text{C})$			Não necessita de verificação.				
	Intermediário	$T_{i, \min} \geq (T_{e, \min} + 5 \text{ }^\circ\text{C})$							
	Superior	$T_{i, \min} \geq (T_{e, \min} + 7 \text{ }^\circ\text{C})$							
<b>Notas:</b>									
$T_{i, \max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação em graus Celsius.									
$T_{e, \max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação em graus Celsius.									
$T_{i, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação em graus Celsius.									
$T_{e, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação em graus Celsius.									

Fonte: adaptação das tabelas E.1 e E.2 do Anexo E da ABNT NBR 15575 (2013a).

Já, no procedimento de medição, ocorre a mesma verificação, mas por meio da realização de avaliações in loco (na própria edificação ou em protótipos). A norma considera, este último, meramente informativo, não sobrepondo os resultados aos outros métodos.

### 2.3.6. Desempenho Acústico

A ABNT NBR 15575:2013 (2013a) considera que a edificação habitacional deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas. Conforme indicado no guia da CBIC (2013), não são estabelecidos limites para a isolação acústica entre cômodos de uma mesma unidade.

São indicados critérios de avaliação para três requisitos de desempenho acústico: **isolação acústica de vedações externas, isolação acústica entre**

**ambientes e ruídos de impactos.** Os métodos de avaliação destes critérios são especificados nas partes da norma onde estes parâmetros se aplicam, sistemas de pisos, ABNT NBR 15575-3:2013 (2013c), sistemas de vedações verticais internas e externas, ABNT NBR 15575-4:2013 (2013d) e sistemas de coberturas, ABNT NBR 15575-5:2013 (2013e). São os seguintes:

- Método de precisão realizado em laboratório: este método determina a isolação sonora de componentes e elementos construtivos (parede, janela, porta e outros), fornecendo valores de referência de cálculo para projetos. Para avaliar um projeto com diversos elementos é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto;
- Método de engenharia realizado em campo utilizado para determinar:
  - Isolamento sonoro global da vedação externa sob avaliação (conjunto fachada e cobertura ou somente fachada nos edifícios multipiso);
  - Ruído de impacto em pisos;
  - Isolamento de ruído de impacto padrão em sistema de pisos;
  - Isolamento de ruído aéreo de sistema de pisos;
- Método simplificado de campo: este método permite obter uma estimativa do isolamento sonoro global da vedação externa (...) em situações onde não se dispõe de instrumentação necessária para medir o tempo de reverberação, ou quando as condições de ruído de fundo não permitem obter este parâmetro.

Os métodos de engenharia e simplificado com caráter normativo são utilizados para avaliação de desempenho da edificação a ser entregue para o comprador. O primeiro, determina de forma rigorosa (via medição) o tempo de reverberação no ambiente de recepção, já o segundo estima (via cálculo) o tempo de reverberação. O resultado obtido caracteriza de forma direta o comportamento acústico do elemento construído. Assim, o resultado se restringe somente à situação avaliada (FABRICIO; BRITO; VITTORINO, 2017).

Como a isolação do ruído externo em habitações é condicionada pela composição dos elementos de vedação, pela sua forma de vinculação com os demais componentes da edificação e pela ausência de frestas e de outras falhas construtivas (FABRICIO; BRITO; VITTORINO, 2017), a norma prioriza as medições dos sistemas construtivos realizados em campo, tais como foram entregues pela empresa construtora ou incorporadora.

Porém, também são previstos ensaios de laboratório dos componentes, elementos e sistemas construtivos para que o projetista possa utilizar de parâmetro ao desenvolver um projeto que venham a atender às exigências de desempenho acústico. A ABNT NBR 15575:2013, indica valores de referência que poderão se traduzir no potencial atendimento das implantações reais (CBIC, 2013).

### 2.3.6.1. *Sistemas de Pisos*

Sistemas de piso são compostos por um conjunto de camadas que se destinam a atender diversas funções como, por exemplo, estruturais, de vedação, de segurança ao tráfego e de isolamento acústico; sendo que, os materiais que compõem essas camadas apresentam características diversificadas, com inúmeras possibilidades de combinações. São essas combinações, juntamente com a execução, que irão definir sua qualidade frente ao isolamento acústico (NUNES; ZINI; PAGNUSSAT, 2014).

O isolamento acústico do sistema de piso entre unidades autônomas é tratado na parte 3 da ABNT NBR 15575:2013. São considerados o isolamento de ruído de impacto no sistema de piso (caminhamento, queda de objetos e outros) e o isolamento de ruído aéreo (conversas, som proveniente de TV e outros).

Os critérios e nível de pressão sonora padrão ponderado,  $L'_{nT,w}$ , utilizados de parâmetro para a avaliação do ruído de impacto são exibidos no Quadro 7. Já, para avaliação do ruído aéreo, os parâmetros de isolamento padronizada de nível ponderada entre ambientes,  $D_{nT,w}$ , são apresentados no Quadro 8. Em ambos os casos, devem ser avaliados os dormitórios da unidade habitacional.

Quadro 7 - Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado.

Elemento	$L'_{nT,w}$ dB
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos.	≤80
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas.	≤55

Fonte: ABNT NBR 15575:2013 (2013c).



Quadro 8 - Critérios de diferença padronizada de nível ponderada.

Elemento	$D_{nT,w}$ dB
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório.	≥45
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos.	≥40
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo para atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	≥45

Fonte: ABNT NBR 15575:2013 (2013c).

### 2.3.6.2. *Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas*

A parte 4 da ABNT NBR 15575:2013 se aplica a sistemas de vedações verticais internas e externas, como paredes e divisórias entre ambientes. As vedações verticais devem proporcionar isolamento sonoro entre o meio externo e o interno, bem como entre unidades condominiais distintas, além de isolamento sonoro entre dependências de uma mesma unidade, principalmente quando destinadas ao repouso noturno, ao lazer doméstico e ao trabalho intelectual (MICHALSKI, 2011).

Os parâmetros observados na ABNT NBR 15575-4:2013 para a verificação do desempenho acústico das vedações verticais são três: diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ); diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada ( $D_{2m,nT,w}$ ) e índice de redução sonora ponderado ( $R_w$ ). O índice de redução sonora ponderado é o único ensaiado em laboratório, sendo o parâmetro considerado a nível de projeto.

Para avaliar o desempenho acústico dos sistemas de vedação verticais externos, primeiramente verifica-se o enquadramento do edifício com relação ao entorno. A ABNT NBR 15575:2013 (2013c) define três classes de ruídos conforme a intensidade de fonte de ruído sofrida pela edificação, Quadro 9. As medições acústicas realizadas no local servem de embasamento para a modelagem das simulações do ruído incidente nas fachadas dos edifícios.

Quadro 9 - Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa de dormitório.

<b>Classe de ruído</b>	<b>Localização da habitação</b>	<b>D<sub>2m,nT,w</sub> [dB]</b>
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥20
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III.	≥25
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	≥30

Nota 1: Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há exigências específicas.

Nota 2: Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias há necessidade de estudos específicos.

Fonte: ABNT NBR 15575:2013 (2013d).

Os ambientes do edifício habitacional devem atender à ABNT NBR 10152:2017 (2017), que apresenta valores de referência coerentes com a ABNT NBR 15575:2013 para residências, e devem ser avaliados os dormitórios e a sala de estar da unidade habitacional. No caso de edifícios multifamiliares ou conjuntos habitacionais, devem ser avaliados os dormitórios de unidades habitacionais escolhidas como sendo representativas.

Para os sistemas de vedações verticais internas, deve ser verificado o isolamento sonoro global entre unidades autônomas e entre uma unidade e áreas comuns. A ABNT NBR 15575:2013 (2013c) estabelece o desempenho acústico mínimo ao ruído aéreo conforme Quadro 10.

Quadro 10 - Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes.

Elemento	$D_{nT,W}$
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório.	$\geq 40$
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório.	$\geq 45$
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos.	$\geq 40$
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos.	$\geq 30$
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	$\geq 45$
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ( $D_{nT,W}$ obtida entre as unidades).	$\geq 40$

Fonte: ABNT NBR 15575:2013 (2013d).

### 2.3.6.3. Sistemas de Coberturas

A verificação do isolamento acústico entre o meio externo e o interno de coberturas consta na parte 5 da ABNT NBR 15575:2013. São considerados o isolamento de sons aéreos do conjunto fachada/cobertura de edificações e o nível de ruído de impacto no piso (caminhamento, queda de objetos e outros) para as coberturas acessíveis de uso coletivo.

O primeiro requisito avaliado é o isolamento acústico da cobertura devido a sons aéreos. A vedação externa da unidade habitacional deve apresentar diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros da fachada,  $D_{2m,nT,W}$ , conforme os níveis indicados no Quadro 9.

O nível de ruído de impacto nas coberturas acessíveis ao uso coletivo é o segundo requisito. Conforme a ABNT NBR 15575-5:2013, para desempenho mínimo, o nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado,  $L'_{nT,W}$  devem ser  $\leq 55$  dB.

### 2.3.7. Desempenho Lumínico

A ABNT NBR 15575:2013 (2013a) estipula níveis requeridos de iluminância natural e artificial nas habitações. Para o período diurno, as dependências da edificação habitacional devem receber iluminação natural conveniente, oriunda diretamente do exterior ou indiretamente, através de recintos adjacentes. Já para o noturno, o sistema de iluminação artificial deve proporcionar condições internas satisfatórias para ocupação dos recintos e circulação nos ambientes com conforto e segurança.

Poli e Zorsi (2014) consideram que, tanto para luz natural quanto artificial, faz-se necessário atentar para as necessidades humanas de bem-estar visual, pela utilização de fatores de iluminâncias apropriados à atividade que é exercida e, também, à existência de um espaço sem ofuscamentos pela luz. Para estas questões, a norma reitera que os requisitos de iluminância natural podem ser atendidos mediante adequada disposição dos cômodos (arquitetura), correta orientação geográfica da edificação, dimensionamento e posição das aberturas, tipos de janelas e de envidraçamentos, rugosidade e cores dos elementos construtivos, inserção de poços de iluminação, assim como eventual introdução de domus de iluminação.

Os critérios para verificação dos níveis mínimos de iluminação natural são simulações computacionais, com parâmetros definidos pelos níveis gerais de iluminância (lux), Quadro 11, ou medições in loco, com a verificação do Fator Luz Diurna (FLD). As simulações devem seguir as diretrizes da ABNT NBR 15215:2005 (2005) para os períodos da manhã (9:30h) e da tarde (15:30h), respectivamente para os dias 23 de abril e 23 de outubro.

Quadro 11 - Níveis de iluminância geral para iluminação natural.

<b>Dependência</b>	<b>Iluminância geral (lux) para o nível mínimo de desempenho M*</b>
Sala de estar; Dormitório; Cozinha / copa; Área de serviço.	≥ 60
Banheiro; Corredor ou escada interna à unidade; Corredor de uso comum (prédios); Escadaria de uso comum (prédios); Garagens / estacionamentos.	Não exigido.
<p>* Valores mínimos obrigatórios conforme método de avaliação por simulação.</p> <p>NOTA: Para os edifícios multipiso, admitem-se para as dependências situadas no pavimento térreo ou pavimento abaixo da cota da rua níveis de iluminância ligeiramente inferiores aos valores especificados na tabela acima (diferença máxima de 20% em qualquer dependência).</p> <p>NOTA 2: Os critérios deste Quadro não se aplicam às áreas confinadas ou que não tenham iluminação natural.</p> <p>NOTA 3: Deve-se verificar e atender as condições mínimas exigidas pela legislação local.</p>	

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15575:2013 (2013a).



### **3. ORÇAMENTO E CUSTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

O orçamento é um dos mais importantes mecanismos para planejamento e controle de uma empresa (MERCHANT, 1984), pois possibilita o direcionamento dos objetivos de longo prazo em um período de curto prazo, dando norte aos níveis táticos e operacionais de uma organização. Por esta razão, faz-se necessário abordar os conceitos, atributos e etapas do sistema orçamentário.

Neste capítulo, serão tratados os principais conceitos relacionados ao processo de elaboração de orçamentos e à definição dos custos na construção civil. São apresentadas as etapas de elaboração de orçamentos para obras civis, detalhamento das partes constantes do orçamento, discriminação dos relatórios gerados no processo e a metodologia para criação e atualização das composições e insumos da base SINAPI.

#### **3.1. CLASSIFICAÇÕES DOS CUSTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

A verificação da viabilidade econômica de um empreendimento é de vital importância para o mercado da construção civil, Oberlender (2000) afirma que a acurácia da estimativa dos custos gera segurança para os gestores definirem estratégias para a prospecção de novos negócios. Somado a isto, o significativo aumento da competitividade não permite que as empresas definam seus preços apenas de acordo com os custos incorridos e sim, também, com base nos preços praticados no mercado que atuam (MARTINS, 2010).

Portanto, o conhecimento dos custos é relevante na avaliação de rentabilidade de um produto, pois quando não tangível, é possível atuar em pontos-chaves da composição de custos para reduzir seu valor de forma estratégica. Com este mesmo enfoque Horngren, Datar e Rajan (2011) também salientam que o responsável pela gestão de custos da empresa tem como atribuição fundamental disponibilizar aos gestores informações confiáveis que servirão de base para a tomada de decisões, referentes ao presente e ao futuro das organizações.

Os mesmos autores definem custo como o montante que deve ser pago para adquirir bens ou serviços e fazem a distinção entre o custo real, incorrido, também denominado custo histórico, de um custo orçado, que é um custo previsto ou custo futuro.

Por sua vez, Perez Jr, Oliveira e Costa (2010) procuram ampliar o conceito de custo, referindo-se a qualquer gasto, monetário ou não, para produção de um bem ou serviço (recursos), resultado da utilização de diversos insumos tais como matérias-primas e mão-de-obra direta, além das atividades que não se relacionam diretamente à produção, denominadas de indiretas. Os autores observam que não existem despesas de produção, pois todos os gastos incorridos no processo produtivo são classificados como custos.

Existem vários tipos de custos, tantos quantas foram as necessidades gerenciais, afirma Leone (2009). O autor salienta a falta de uniformidade na classificação por diferentes especialistas, pois os tipos de custos são levantados ou estabelecidos à medida que a administração necessita dos mesmos. Em sua obra são descritas mais de 30 classificações.

Nesta revisão, na tentativa de estabelecer uma definição mais clara para os custos na construção civil, serão adotadas as definições de Cabral (1988), que coincide com a compilação dos três grandes grupos citados por Leone (2009) – momento, variabilidade e atribuição – e com a abordagem gerencial de Horngren, Datar e Rajan (2011) – abrangência – totalizando quatro classificações esquematizadas no Quadro 12.

Quadro 12 - Classificações do custo de construção.

<b>Classificação</b>	<b>Tipos</b>
Abrangência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo Total</li> <li>• Custo Unitário</li> </ul>
Momento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo Histórico ou Real</li> <li>• Pré-determinado</li> </ul>
Variabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fixos</li> <li>• Variáveis</li> <li>• Semi-variáveis</li> </ul>
Atribuição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diretos</li> <li>• Indiretos</li> </ul>

Fonte: elaborado pelo autor.



A classificação Abrangência, segundo Jesus (2008), relaciona o custo de uma forma total ou unitária do produto, sendo o custo total o valor necessário para produzir um serviço ou a obra como um todo, já custo unitário é um indicador representado por uma fração, onde o denominador será a quantidade dos produtos fabricados num processo produtivo, complementa Leone (2009).

Embora Horngren, Datar e Rajan (2011) destaquem que as decisões gerenciais geralmente são tomadas em termos de custos totais, Cabral (1988) salienta que o custo unitário é um dos passos chaves para a elaboração dos orçamentos, pois o seu produto com os quantitativos obtidos nos projetos que gera o custo total de cada serviço.

Para a classificação Momento estão custos relacionados ao momento da apuração, ou seja custo histórico, também denominado custo real, Leone (2009) define como o que efetivamente incorreu e está registrado contabilmente e, em contrapartida, há o custo pré-determinado, também chamado de estimado, é calculado antes de sua ocorrência e tem por objetivo a previsão dos custos da obra, Cabral (1988) cita o orçamento como o melhor exemplo de sua utilização.

Para a gestão estratégica de custos, este grupo é um importante aliado ao controle que acontece através do comparativo entre o planejado e os valores incorridos. Sob este enfoque Perez, Oliveira e Costa (2010, p. 37) afirmam:

Pode-se dizer, de maneira simples e concisa, que controlar significa, após conhecer dada realidade, compará-la com algo que se esperava, analisar as possíveis diferenças, identificar as causas e, se possível, tomar decisões com vistas a eliminar ou reduzir tais diferenças.

A categoria Variabilidade associa o custo do produto ao volume de produção, Martins (2010) ressalta que esta classificação leva em conta a unidade de tempo, pois considera a relação entre o valor total de um custo e o volume de atividade numa unidade de tempo. De acordo com este critério, os custos poderiam ser divididos em:

- **Fixos:** aqueles que não variam em função das oscilações quantitativas da atividade de produção. Leone (2009) afirma que os custos fixos não são evitáveis, são constantes no total e, em termos unitários, ele reduz à medida que a produção aumenta. Coêlho (2001) exemplifica esta categoria com os

gastos administrativos para manutenção de pessoal, como o pagamento de seus salários, aluguéis de imóveis, taxas e impostos.

- **Variáveis:** os que têm seu valor determinado pela oscilação da quantidade produzida ou dimensão do produto. Leone (2009) denomina estes custos como evitáveis e acrescenta que através destes se pode comandar o volume da produção, portanto é um custo importante para o planejamento das atividades. Coêlho (2001) exemplifica esta categoria com os custos relativos à matéria-prima, como tijolos e cimento.
- **Semi-variáveis:** são aqueles que dispõem de uma parcela fixa e uma variável, portanto possuem componentes das duas naturezas, segundo Leone (2009). Jesus (2008) usa o custo total de uma obra como exemplo, já que fazem parte do seu cálculo, os custos fixos de administração da obra, e os custos variáveis, relacionados diretamente à sua produção.

A classificação dos custos Atribuição está relacionada à facilidade de sua alocação em um centro de custo, aqui divididos em custos diretos e indiretos. Marchiori (2009) constatou em seu trabalho uma discordância conceitual entre custo direto e indireto para os diferentes autores e consultores da área de custos em construção civil. Estas diferenças podem gerar problemas no processo de contratação de obras, uma vez que estes conceitos servem de base para a elaboração de orçamentos e no preparo de propostas comerciais de prestação de serviços de construção civil, lembra a autora.

Os autores Duah e Syal (2017) chegaram a mesma conclusão ao analisarem os custos diretos e indiretos de contratos padrão de institutos de construção americanos e canadenses. Quando equalizados, estes contratos possuem itens conflitantes ou informações incompletas, impossibilitando uma classificação homogênea dos serviços.

Cabral (1988) define custo direto como facilmente atribuível a um determinado produto, do contrário, havendo alguma dificuldade nessa atribuição, este é denominado indireto. Esta descrição coincide com a linha da gestão de custos, que segundo Perez Jr, Oliveira e Costa (2010), custos diretos são aqueles que podem ser quantificados e identificados no produto ou serviço enquanto os indiretos não podem

ser apropriados nas unidades específicas de produtos ou serviços, necessitando de algum critério de rateio para sua alocação.

Tisaka (2006) e Giamusso (1991) descrevem estes custos de forma similar a Kern e Formoso (2004) considerando como diretos todos os custos facilmente rastreáveis ao objeto de custo (obra), como materiais, equipamentos, mão-de-obra e encargos sociais, e custos indiretos, como aqueles dificilmente atribuídos ao objeto de custeio, sendo custos da administração e impostos, por exemplo, podendo ser estimados através de uma taxa percentual sobre o custo direto da obra.

Já Coêlho (2001), Mattos (2006) e Dias (2011) afirmam que custo direto é aquele obtido pela soma dos insumos que ficam incorporados ao produto, isto é, escavação, concreto e armação por exemplo, enquanto que o custo indireto é representado pelos itens de custo que não são facilmente mensuráveis nas unidades de medição dos serviços, isto é, engenheiro, mestre de obra, contas das concessionárias (energia, água, correio, telefone).

Com base na pesquisa realizada, tanto na área de engenharia como na área de gestão de custos, a conclusão para estas diferentes definições de custos diretos e indiretos está na maneira de contextualizar o produto. Pode-se aplicar a definição estando dentro do contexto da obra, definição de Dias (2011), neste caso o engenheiro residente faria parte do custo indireto, já que não é possível apropriá-lo em um serviço específico, porém, para uma incorporadora, a obra é um produto, portanto o engenheiro é custo direto da mesma, definição de Kern e Formoso (2006).

Apesar da importância das demais definições na contextualização dos custos na construção civil, estes últimos conceitos apresentados por Dias (2011) serão tomados como referência para a sequência do trabalho. Portanto, neste trabalho, o custo direto é entendido como o gasto facilmente correlacionado às quantidades de serviço de construção, compreendendo os custos com os insumos: materiais, mão-de-obra e equipamentos necessários exclusivamente à execução dos serviços.

### 3.2. TIPOS DE ORÇAMENTO

A atividade de orçamento é definida, por Goldman (2004), como sendo aquela na qual ocorre a determinação dos gastos necessários para a realização de uma edificação, de acordo com um plano previamente estabelecido, sendo seu grau de

detalhamento definido pelo estágio de desenvolvimento no qual o projeto em questão está.

Há diversos tipos de orçamentos e a assertividade deles depende das informações disponíveis a respeito do objeto orçado. Se há informação detalhada e de alta qualidade, é possível desenvolver um orçamento assertivo, que apresente valores com uma margem de erro pequena em relação aos custos reais de construção deste objeto (TCPO, 2012, p. 11).

Li e Zhu (2006) identificam, em seu estudo, os fatores críticos para uma orçamentação efetiva em vários estágios de projetos construtivos e concluem que, a medida que a complexidade de dados disponíveis para elaboração de um custo progredem, tanto a capacidade de programação da tarefa (planejamento) quanto a mensurabilidade dos custos contratados e incorridos (controle) melhoram, complementando, portanto, todo um sistema de gestão.

Em seu trabalho, Marchiori (2009) observa que não existe uma classificação única para os tipos de orçamento. Há autores que dividem o orçamento de acordo com as fases do projeto (estimativas de custo e orçamento propriamente dito), há os que preferem enxergá-lo de acordo com o formato em que os relatórios serão apresentados (sintético e analítico), há os que separam em níveis de detalhamento a serem alcançados (orçamento convencional e operacional), dentre outras divisões.

A forma mais clássica de apresentá-los é descrita por Goldman (2004), que divide os orçamentos conforme o grau de detalhamento dos projetos:

- a) **orçamento por estimativa:** elaborado quando o tempo para o cálculo dos custos para tomada de decisão é limitado e há pouca disponibilidade de dados técnicos relativos ao projeto, utilizado para uma compra de terreno, por exemplo;
- b) **orçamento preliminar:** aquele no qual se busca detalhar os quantitativos e custos dos serviços de construção embora nem todos os projetos e informações estejam completos, como, por exemplo, quanto ao projeto arquitetônico está disponível somente sua versão básica completa, estando ausentes ainda plantas de execução e detalhes,

utilizado para compor valor de contrato, orçamento de lançamento, por exemplo;

- c) **orçamento detalhado:** aquele no qual se busca detalhar os custos de todos os serviços de construção com alto nível de precisão e baixo grau de imprevistos. Para que um orçamento detalhado seja elaborado é necessário que todo o projeto da edificação esteja completo, também denominado orçamento executivo de obra.

Orçamento por estimativa é definido por Dias (2010) como um cálculo expedito para avaliação de um serviço, podendo para tanto, ser adotado como base índices conhecidos no mercado como, por exemplo, os valores de Custo Unitário Básico (CUB), divulgados pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil de cada estado da Federação.

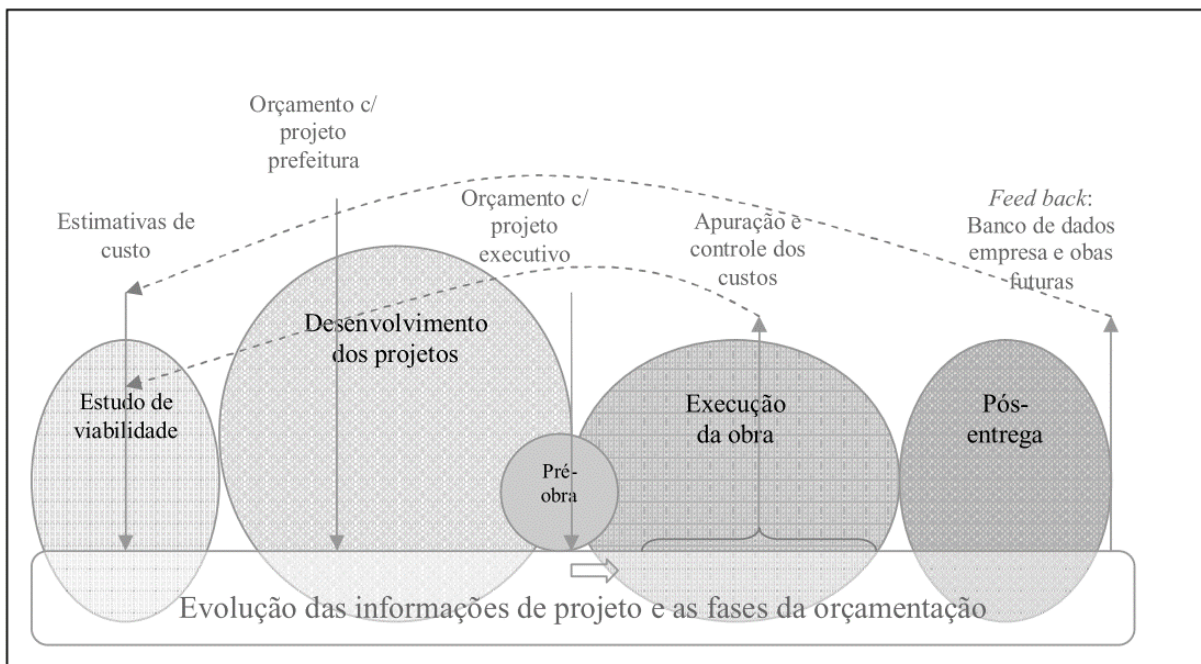
Outra forma de realizar uma estimativa de custos, segundo Tas e Yaman (2005), seria através de um estudo paramétrico, utilizando projetos similares já executados pela construtora. Para os autores, quanto mais informações de construções progressas estiverem disponíveis, maiores as chances da estimativa de custos refletir a realidade para os valores daquela companhia. Entretanto, é necessário ter domínio dos custos que serão utilizados e experiência em orçamentação para uma apurada aplicação deste método, ressalva Lim *et al.* (2016).

Oberlender e Trost (2001) salientam a importância das estimativas de custo para as decisões estratégicas das empresas de construção, pois elas servem de base para a triagem de projetos potenciais, comprometendo recursos para o desenvolvimento de mais empreendimentos. Ainda segundo os autores, estimativas de custo imprecisas podem levar a oportunidades perdidas.

O processo de elaboração de um orçamento preliminar ou de um orçamento detalhado é o mesmo, variando apenas o grau de precisão das informações obtidas em projeto. Segundo Goldman (2004), ambos baseiam-se na caracterização dos serviços, conforme as especificações de projeto, o levantamento das suas respectivas quantidades e na obtenção dos preços unitários dos insumos e serviços a serem utilizados na execução da obra.

Para concluir, segue uma sintetização das fases do orçamento correlacionadas a evolução de um empreendimento, Figura 2. Os estudos de custos presentes neste trabalho utilizam de base o orçamento executivo da construtora parceira.

Figura 2 - Fases do empreendimento e orçamento.



Fonte: (MARCHIORI, 2009, p. 58).

### 3.3. ETAPAS DE ELABORAÇÃO DO ORÇAMENTO

A elaboração de um orçamento é composta de várias etapas, Mattos (2006) sintetizou em três grupos de trabalho: estudo de condicionantes, composição de custos e fechamento do orçamento. Nessa dissertação, a orçamentação foi até a etapa de cálculo de custos diretos, embora este item apresente uma breve explicação para custos indiretos e fechamento do orçamento, estes não fizeram parte da metodologia do trabalho.

#### 3.3.1. Estudo de Condicionantes

Ao se iniciar a elaboração do orçamento de uma obra, deve-se ter a preocupação de se estudar as condicionantes que se apresentam para a realização do empreendimento. Tisaka (2006) afirma que o primeiro passo no processo de cálculo do orçamento é a obtenção do projeto executivo do empreendimento e dos

respectivos memoriais descritivos contendo as especificações. Além de servir de base para o levantamento dos quantitativos de serviços da obra, esses elementos trazem as condicionantes tecnológicas que certamente influenciarão no desenvolvimento do orçamento.

Mattos (2006) lista outros elementos também fundamentais à confecção do orçamento, tais como aqueles explicitados em documentos legais, como os editais de licitação de obras públicas, ou os contratos firmados entre contratantes e construtoras. Estes documentos, frisa o autor, podem fornecer informações relevantes ao orçamentista, como o prazo de obra, limitação dos horários de trabalho, limitação de horários de acesso ao local, critérios de medição e reajuste do contrato, dentre outros. Estes dados irão balizar a ação do orçamentista, principalmente no momento da composição dos custos indiretos.

Outras condicionantes podem ser identificadas através de vistorias prévias ao local do futuro empreendimento, seja este um terreno, no caso de obras novas, ou um edifício, no caso das obras de reabilitação. Dias (2011) afirma que é impossível elaborar um adequado orçamento, por mais simples que pareça a construção ou reforma, sem a realização da vistoria técnica ao local em que será realizado o empreendimento. O objetivo dessa ação é prover o responsável pela elaboração do orçamento de informações que não estão explícitas nas demais peças técnicas.

Apesar da importância dos dados identificados nos documentos e na vistoria técnica, Mattos (2006) ressalta que experiência do orçamentista e sua familiaridade com o tipo de obra são fundamentais quando da análise destas condicionantes, e isto se refletirá nas demais etapas de elaboração orçamento.

### **3.3.2. Composição de Custos**

Esta etapa é definida pela identificação dos serviços a serem realizados, estratégia de execução, seguido do levantamento quantitativo, cálculo dos custos diretos e cálculo dos custos indiretos.

#### *3.3.2.1. Identificação de Serviços e Levantamento de Quantitativos*

Conforme Mattos (2006), a identificação de todos os serviços previstos para execução da obra é primordial para se obter um orçamento completo, isto é, o mais

próximo possível da realidade de produção da obra. Para isto, tomam-se todos os dados levantados na fase anterior de estudo dos condicionantes da obra e relacionam-se os serviços previstos nos documentos técnicos e legais.

Uma vez identificados os serviços integrantes do escopo da obra, bem como suas respectivas especificações técnicas, estes devem ser listados segundo a ordem lógica estabelecida no planejamento operacional (TISAKA, 2006), partindo-se em seguida para o levantamento de quantitativos de serviço, que pode ser realizado manualmente ou por meio de uma planilha eletrônica. Os dados também podem ser extraídos diretamente do software Autocad ou, em projetos onde a tecnologia BIM (Building Information Modeling) já tenha sido implementada, os quantitativos da edificação já podem ser gerados automaticamente pelo software (ARAÚJO; REBOLEDO, 2018).

Esta etapa é crítica no processo de elaboração do orçamento, uma vez que demanda mais tempo de trabalho da equipe responsável pelo orçamento; além disso, possíveis erros no levantamento poderão ter implicações significativas no resultado final, porque é nela que serão definidas as quantidades de materiais a serem adquiridas na obra e dimensionadas as equipes de trabalho, em função dos prazos preestabelecidos (GOLDMAN, 2004).

#### 3.3.2.2. *Cálculo dos Custos Diretos*

Para orçar um empreendimento é necessário o conhecimento da quantidade de serviços e dos seus preços unitários. Um empreendimento é dividido em grupos de atividades afins denominadas fases, cada uma, por sua vez, é desdobrada em serviços cujos custos ou preços unitários são calculados a partir dos insumos – materiais, equipamentos e mão de obra que o constituem (GIAMMUSSO, 1991, p. 15).

Cada insumo apresenta um custo unitário que pode ser obtido de diversas formas. No caso dos materiais, os custos unitários podem ser obtidos através de consulta a publicações que fornecem valores médios de coleta por região, ou por cotação direta com os fornecedores, o que segundo Jesus e Barros (2011), resultam em maior precisão.



Mattos (2006) salienta que conhecer os índices é fundamental, uma vez que são reflexo da produtividade da mão-de-obra e do rendimento dos equipamentos, bem como do consumo dos materiais, já considerando as respectivas perdas. Ao conjunto de insumos e respectivos índices que compõem uma unidade de serviço da produção dá-se o nome de composição de insumos.

Neste trabalho, foi utilizada a base do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, SINAPI, com os valores médios dos custos dos insumos para o Rio de Janeiro. Neste capítulo, o item 3.4 apresenta mais detalhes sobre a criação e manutenção do SINAPI.

Quanto à mão-de-obra, os custos unitários correspondem ao salário-base por hora do operário, de acordo com sua função, somado aos encargos sociais e trabalhistas. O salário-base é obtido junto ao sindicato das empresas da construção civil da região, sendo reajustado anualmente. Por sua vez, os encargos sociais e trabalhistas são formados por todos os impostos incidentes sobre a folha de pagamento salarial (CAIXA ECONOMICA FEDERAL, 2020).

A norma ABNT NBR 12721 – Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios (ABNT, 2006) determina que para o cálculo dos custos de mão-de-obra, deve-se aplicar o percentual relativo aos encargos sociais. Usualmente, o custo decorrente dos encargos sociais incide sobre o salário de cada funcionário, seja da produção (custos diretos) ou da administração (custos indiretos), devendo ser calculado como um percentual deste (DIAS, 2011). Segundo Mattos (2006), os encargos sociais podem ser reunidos em dois grandes grupos, um de sentido estrito e outro de sentido amplo, cujas características são:

- **Sentido estrito:** referem-se exclusivamente aos encargos sociais, trabalhistas e indenizatórios previstos em lei e aos quais o empregador está obrigado;
- **Sentido amplo:** aos encargos sociais, trabalhistas e indenizatórios previstos em lei, aos quais o empregador está obrigado, são somadas outras despesas que podem ser referenciadas ao homem-hora, tais como: alimentação, transporte, EPI, seguro em grupo e até horas extras habituais.

Para o presente trabalho, os encargos sociais e trabalhistas serão adotados em sentido amplo, conforme a base SINAPI. Abaixo, um exemplo de composição de mão de obra, utilizando um pedreiro (Quadro 13) e, na sequência a mesma composição inclusa dentro do serviço de alvenaria (Quadro 14). Este banco de dados foi acessado utilizando o software Orçafascio.

Quadro 13 - Composição SINAPI para pedreiro com encargos.

<b>Composição SINAPI - 88309</b>								
<b>Código</b>	88309							
<b>Descrição</b>	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES							
<b>Data</b>	05/2019						<b>Estado</b>	Rio de Janeiro
<b>Tipo</b>	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS							
<b>Unidade</b>	H						<b>Valor</b>	26,95
	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Valor</b>	
C	88236	FERRAMENTAS (ENCARGOS COMPLEMENTARES) - HORISTA	SERVIÇOS DIVERSOS	H	0,45	1,0	0,45	
C	88237	EPI (ENCARGOS COMPLEMENTARES) - HORISTA	SERVIÇOS DIVERSOS	H	0,89	1,0	0,89	
C	95371	CURSO DE CAPACITAÇÃO PARA PEDREIRO (ENCARGOS COMPLEMENTARES) - HORISTA	SERVIÇOS DIVERSOS	H	0,33	1,0	0,33	
I	4750	PEDREIRO	Mão de Obra	H	19,77	1,0	19,77	
I	37370	ALIMENTACAO - HORISTA (COLETADO CAIXA)	Outros	H	3,57	1,0	3,57	
I	37371	TRANSPORTE - HORISTA (COLETADO CAIXA)	Serviços	H	1,55	1,0	1,55	
I	37372	EXAMES - HORISTA (COLETADO CAIXA)	Outros	H	0,34	1,0	0,34	
I	37373	SEGURO - HORISTA (COLETADO CAIXA)	Taxas	H	0,05	1,0	0,05	

Fonte: (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2019).

Quadro 14 - Composição SINAPI para alvenaria de blocos de concreto estrutural 14cm.

Composição SINAPI - 89468								
<b>Código</b>	89468							
<b>Descrição</b>	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X29 CM, (ESPESSURA 14 CM) FBK = 14,0 MPA, PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M², COM VÃOS, UTILIZANDO PALHETA. AF_12/2014							
<b>Data</b>	05/2019						<b>Estado</b>	Rio de Janeiro
<b>Tipo</b>	PARE - PAREDES/PAINEIS							
<b>Unidade</b>	m²						<b>Valor</b>	90,07
	Código	Descrição	Tipo	Unidade	Valor	Coeficiente	Valor	
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS DIVERSOS	H	26,95	0,82	22,09	
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS DIVERSOS	H	21,24	0,62	13,16	
C	88626	ARGAMASSA TRAÇO 1:0,5:4,5 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2014	SERVIÇOS DIVERSOS	m³	335,99	0,0116	3,89	
I	34547	TELA DE AÇO SOLDADA GALVANIZADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 A 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 12* CM	Material	M	2,45	0,87	2,13	
I	34564	BLOCO CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 29 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	Material	UN	2,76	12,11	33,42	
I	38592	MEIO BLOCO CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 14 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	Material	UN	1,68	4,38	7,35	
I	38599	CANALETA CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 29 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	Material	UN	2,84	2,83	8,03	

Fonte: (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2019).

### 3.3.2.3. Cálculo dos Custos Indiretos

O cálculo dos custos indiretos de uma obra tem início pela identificação de todos os itens que não fizeram parte do cálculo dos custos diretos, mas que são necessários para conclusão do empreendimento. Conforme Dias (2011), eles são decorrentes da estrutura da obra e da empresa e que não podem ser atribuídos diretamente à execução de um dado serviço.

Segundo Jesus (2008), os itens que compõem os custos indiretos variam de acordo com a obra e a empresa construtora. Fatores como localização, prazo e complexidade da obra e porte da empresa influenciarão mais ou menos no cálculo dos custos indiretos. Portanto, o levantamento destes custos deve ser criterioso, considerando-se as especificidades de cada empreendimento.

A seguir, são apresentados os principais itens a serem identificados para composição dos custos indiretos do orçamento de uma obra:

- a) elaboração e acompanhamento do projeto
- b) administração local
- c) administração central
- d) riscos ou eventuais
- e) custos financeiros

### **3.3.3. Fechamento do Orçamento**

É a última etapa do orçamento e envolve a determinação dos lucros resultantes e dos impostos a serem recolhidos. Segundo Lima (2000), o lucro corresponde ao valor resultante da diferença entre as receitas e as despesas geradas pela obra. Deve-se atentar que a receita obtida pela empresa é onerada pelos impostos vigentes e estes devem ser considerados no orçamento da construção.

É nesta fase também que se determina o B.D.I. – Bonificação de Despesas Indiretas e são gerados os relatórios do orçamento. Conforme Mattos (2007), o custo total da obra corresponde ao valor total a ser investido, englobando todos os custos diretos, indiretos, lucro estimado da empresa e impostos, sendo este o valor final do orçamento.

### **3.3.4. Estrutura do orçamento**

O primeiro passo necessário para que se tenha um bom planejamento e controle de obras é a organização. A construção de um modo geral é um complexo que deve ser bem caracterizado quanto aos seus insumos (materiais, mão-de-obra e equipamentos). É baseando-se neste fato que se verifica a necessidade de um plano, discriminando-o e procurando-se organizar as várias fases de execução da obra e, ao mesmo tempo, englobando tudo que afete diretamente a construção (GOLDMAN, 2004, p. 27).

Esta sistemática proposta por Goldman é conhecida no gerenciamento de projetos por *WBS: Work Breakdown Structure*, Estrutura Analítica de Projeto. Consta no PMBOK (2004) que esta estrutura faz a relação entre todos os componentes do projeto e seus derivados. Organiza hierarquicamente os pacotes de trabalho,

desdobra em componentes menores até que seja alcançado o detalhamento necessário ao controle da atividade.

É através desta estrutura que se obtém a distribuição da obra em serviços, sendo o “esqueleto” inicial da organização do orçamento. Coêlho (2001) relaciona diversas estruturas de classificação em seu trabalho, como o Departamento de Obras Públicas do Estado de São Paulo, com 36 itens, e a Caixa Econômica Federal, com 9 itens, demonstrando que não existe uma uniformidade entre as instituições para a forma de compor um custo. Esta pesquisa segue o modelo da NBR 12721: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios (2006), conforme Quadro 15.

Quadro 15 - Classificações dos serviços segundo a NBR 12721.

Item	Serviço	Item	Serviço
1	Serviços Iniciais	7	Revestimento, forros, elementos decorativos, marcenaria, serralheria e tratamentos especiais
2	Serviços Preliminares	8	Pavimentações
3	Infra-estrutura e obras complementares	9	Instalações e aparelhos
4	Superestrutura	10	Complementação da obra
5	Paredes e painéis	11	Honorários do construtor
6	Cobertura e proteções	12	Honorários do incorporador

Fonte: (ABNT, 2006)

### 3.3.5. Relatórios do Orçamento

Concluída a etapa de elaboração do orçamento, torna-se possível a geração dos relatórios de custos, que possibilitam uma análise mais apurada da obra. Os principais relatórios estão sintetizados no Quadro 16.

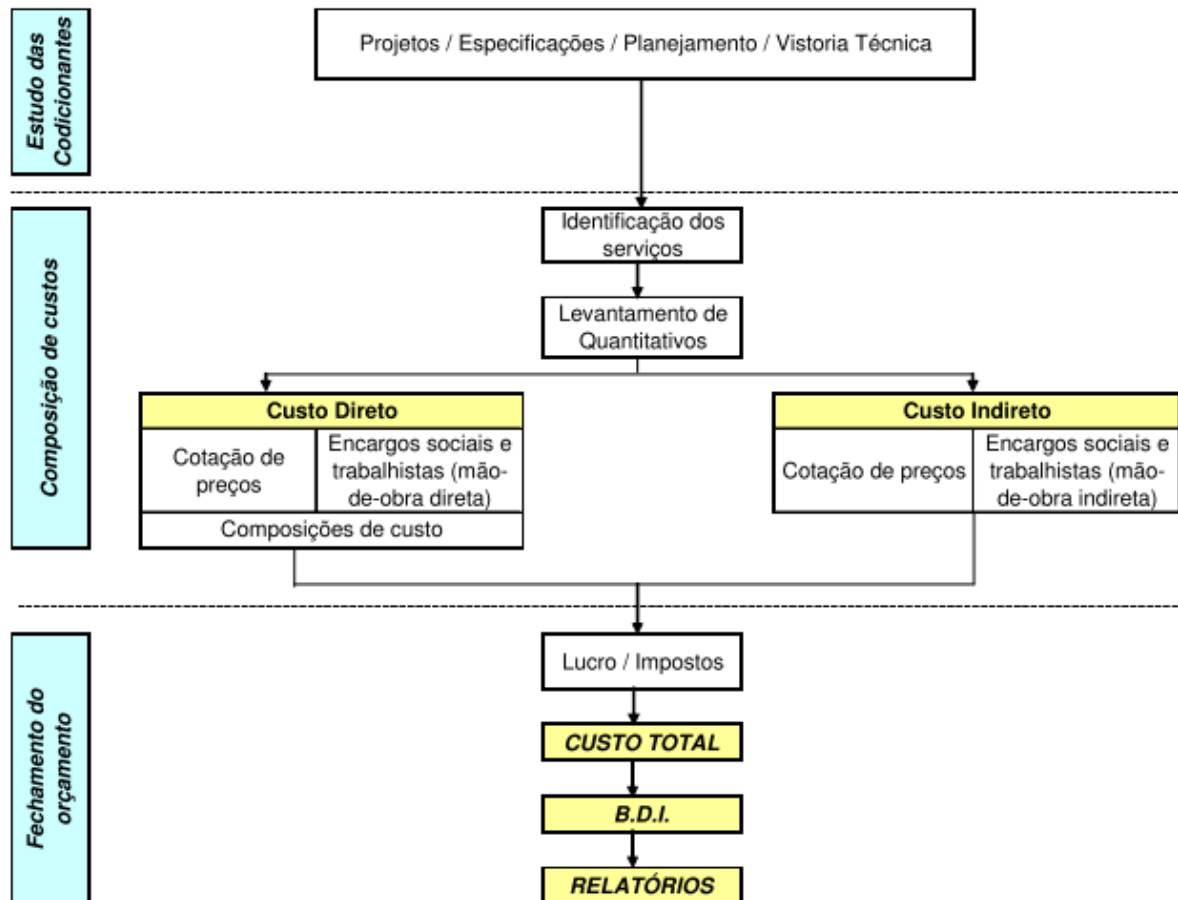
Quadro 16 - Principais relatórios de orçamento.

<b>Relatórios</b>	<b>Descrição</b>
<b>Analítico</b>	Relatório principal, contém o detalhamento de todos os serviços relativos à produção e que compõem os custos diretos e indiretos do orçamento, apresentados na forma de composição de custos unitários, sendo agrupados de acordo com a fase da obra em que estão inseridos. O orçamento usualmente é montado a partir deste relatório analítico e dele derivam os demais que serão apresentados.
<b>Sintético</b>	Relatório que expressa a síntese dos custos de obra, através da totalização das fases apresentadas no orçamento analítico. Este relatório é a base para estudos paramétricos de estimativas de custo.
<b>Analítico Aberto</b>	Trata-se do próprio relatório analítico, porém as composições de custos por serviços são abertas, exibindo os totais de insumos para cada serviço. Este relatório é utilizado principalmente para compra e controle dos recursos utilizados em cada etapa da obra.
<b>Lista de Insumos</b>	Relatório que apresenta a relação total de insumos empregados na obra, seja mão-de-obra, material ou equipamento. Para cada insumo estão relacionados: unidade de medida, custo unitário, quantidade total, custo total e percentual de participação nos custos de construção.
<b>Curva ABC de Insumos</b>	Trata-se da lista de insumos organizada em ordem decrescente de custos. Este relatório é utilizado principalmente pelos gestores para cotações de preços e negociações, pois no topo da lista estão os insumos com maior representatividade nos custos da obra.
<b>Lista de Composições</b>	Relatório que reúne todas as composições de custos de serviços utilizadas para compor o orçamento analítico. Podem ser ordenadas pelo código do serviço ou de forma alfabética pelo nome da composição (menos usual).

Fonte: Elaborado pelo autor reunindo as definições de Jesus (2008), Mattos (2006) e Tisaka (2006).

A partir do que foi exposto, apresenta-se a Figura 3, onde as atividades anteriormente descritas são sintetizadas na forma de um fluxograma das etapas para a elaboração de um orçamento.

Figura 3 - Fluxograma das etapas de elaboração de orçamentos.



Fonte: (JESUS; BARROS, 2011)

### 3.4. SINAPI

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI tem por objetivo a produção de séries mensais de custos e índices para o setor habitacional, e de séries mensais de salários medianos de mão de obra e preços medianos de materiais, máquinas e equipamentos e serviços da construção para os setores de saneamento básico, infraestrutura e habitação (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2019).

O Sistema é uma produção conjunta do IBGE e da Caixa Econômica Federal - Caixa, realizada por meio de acordo de cooperação técnica, cabendo ao Instituto a responsabilidade da coleta, apuração e cálculo, enquanto à CAIXA, a definição e

manutenção dos aspectos de engenharia, tais como projetos, composições de serviços etc. As estatísticas do SINAPI são fundamentais na programação de investimentos, sobretudo para o setor público. Os preços e custos auxiliam na elaboração, análise e avaliação de orçamentos, enquanto os índices possibilitam a atualização dos valores das despesas nos contratos e orçamentos (FELISBERTO, 2017).

Conforme Caixa (2020), o SINAPI, foi implementado em 1969, pelo Banco Nacional de Habitação, o BNH, em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o IBGE. Em 1986, foi adotado pela CAIXA como referência na análise de custos de obras habitacionais.

Em 1994, o Conselho Curador do FGTS – Fundo de Garantia por Tempo de Serviço, publicou a Resolução 161, que indicou à CAIXA a necessidade de promover a uniformização dos procedimentos de análises de engenharia e a implantação de um sistema nacional de acompanhamento de custos. Este Sistema deveria abranger, além de edificações, obras de saneamento e infraestrutura urbana.

Hoje, o SINAPI é utilizado como balizador de custos para serviços contratados com recursos do Orçamento Geral da União. Tema tratado no Decreto 7.983/2013, que estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União (CAIXA ECONOMICA FEDERAL, 2020).

### **3.4.1. Insumos do SINAPI**

Os insumos são os elementos básicos da construção civil e estão divididos em três categorias: materiais, equipamentos e mão de obra. Os insumos presentes no SINAPI compõem o Banco Nacional de Insumos, cujos relatórios de preços são divulgados mensalmente pela CAIXA para todas as capitais brasileiras e para o Distrito Federal, com validade para o estado como referência (CAIXA ECONOMICA FEDERAL, 2020).

Conforme Decreto 7.983/2013 (2013), o SINAPI é mantido pela CAIXA, quanto às definições técnicas de engenharia, e pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, na pesquisa de preço, e essas instituições mantêm Acordo de



Cooperação Técnica, renovado periodicamente, onde são indicadas as responsabilidades de cada instituição, esquematizadas no Quadro 17.

Quadro 17 - Responsabilidades de atualização e manutenção dos insumos SINAPI.

<b>Insumos SINAPI – responsabilidades para atualização e manutenção.</b>	
<b>CAIXA</b>	<b>IBGE</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição e atualização, a partir de critérios de engenharia, das especificações técnicas dos insumos;</li> <li>• Definição de famílias homogêneas com as especificações dos insumos que as compõem e formulação de proposta de revisão de insumos submetida ao IBGE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coleta de preços de insumos do Banco Nacional (materiais, salários, equipamentos e serviços);</li> <li>• Coleta extensiva periódica para subsidiar a revisão das famílias homogêneas, a revisão dos coeficientes de representatividade e a formação de novas famílias de insumos.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor conforme Brasil (2013) e Caixa (2020).

A Caixa (2020) tem o entendimento de que não era pretensão do Governo Federal, quando editou o Decreto 7.983/2013, que o SINAPI tivesse em seu Banco de Dados todos os insumos existentes no mercado brasileiro, mas que priorize aqueles com uso recorrente, que sejam mais representativos nos custos das obras públicas e, por consequência, constem em composições de serviço do SINAPI.

Portanto, conforme Caixa (2020), os insumos são organizados por famílias, onde o insumo mais recorrente é selecionado como representante daquele grupo, sendo os demais da mesma família denominados como representados. O preço do insumo principal é coletado mensalmente, enquanto os demais são atualizados através de coeficientes de representatividade entre o preço do chefe da família (insumo representativo) e os preços de cada um dos demais insumos da família.

Para mão de obra, os preços dos insumos SINAPI são acrescidos dos custos com encargos sociais. A metodologia adotada pelo SINAPI leva em conta os custos incidentes sobre a folha de pagamentos de salários, em decorrência do que estabelece a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), a Constituição Federal de 1988, outras leis específicas e as convenções coletivas de trabalho.

O cálculo dos percentuais que incidem sobre os insumos de mão de obra é realizado para cada capital brasileira, atualizado anualmente, e considera dados

regionais como rotatividade, feriados locais e quantidade de dias de chuva para apuração do mais próximo da realidade (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2019).

### **3.4.2. Composições do SINAPI**

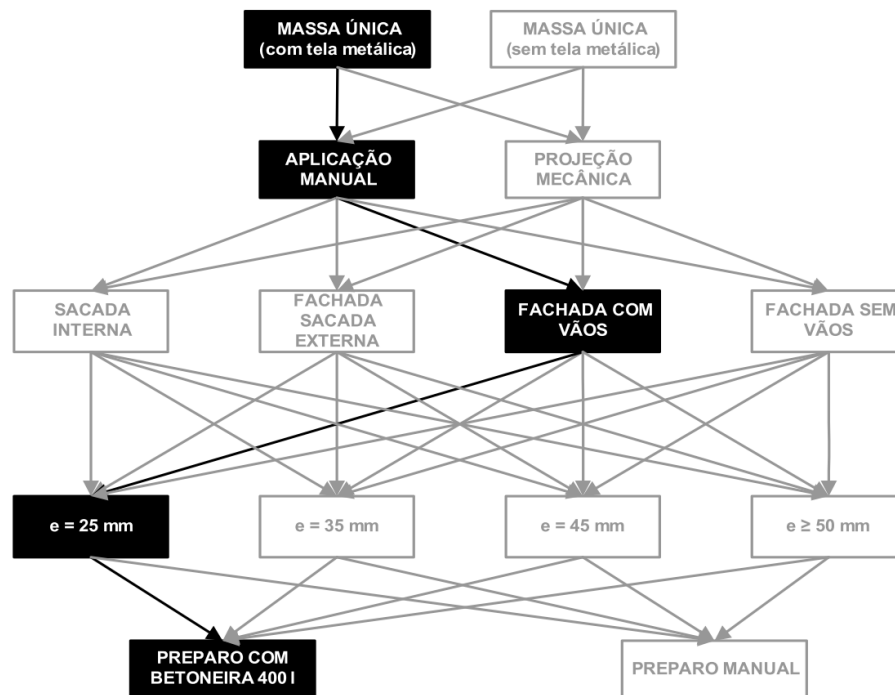
As composições são elementos que relacionam a descrição, codificação e quantificação dos insumos e composições auxiliares empregados para executar uma unidade de serviço. Aferir as composições significa dimensionar produtividades de mão de obra e de equipamentos, além de consumos e perdas de materiais envolvidos na execução dos diversos serviços da construção civil (CAIXA ECONOMICA FEDERAL, 2020).

Constituem objeto de aferição todos aqueles serviços adotados para execução de obras da construção civil identificados como relevantes e recorrentes no cenário nacional. O objetivo principal do processo de aferição é representar a realidade das obras brasileiras, por esta razão são baseadas, preferencialmente, em dados de campo, medidos em canteiros de obras distribuídos geograficamente pelo país, sendo contempladas na amostra obras públicas e privadas, de pequeno e grande vulto, assim como executadas por empresas de portes variados e por equipes trabalhando sob diferentes regimes de contratação.

Em seu manual do Sinapi, a Caixa (2020) expõe que a metodologia de aferição prevê a identificação dos fatores que impactam na produtividade (mão de obra e equipamentos) e consumo (materiais) de cada grupo de serviços, os quais são observados e mensurados durante a coleta de dados em obra. É denominada “árvore de fatores”, onde cada linha é composta por elementos que caracterizam e diferenciam as composições dentro do grupo. A composição ilustrada pela árvore de fatores da Figura 4 está exposta no Quadro 18.

Segundo Felisberto (2017), a escolha por esta metodologia gerou um aumento significativo no número de composições de custos unitários, o que possibilitou ao orçamentista a escolha da composição mais adequada ao seu caso específico. Os grupos ficaram maiores e conseqüentemente os serviços foram representados de forma mais apropriada.

Figura 4 - Árvore de fatores do grupo revestimento de fachada com massa única.



Fonte: (CAIXA ECONOMICA FEDERAL, 2020).

Quadro 18 - Composição SINAPI para massa única em fachada 25mm.

Composição SINAPI - 87775							
<b>Código</b>	87775						
<b>Descrição</b>	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADA MANUALMENTE EM PANOS DE FACHADA COM PRESENÇA DE VÃOS, ESPESSURA DE 25 MM. AF_06/2014						
<b>Data</b>	03/2019						
<b>Estado</b>	Rio de Janeiro						
<b>Tipo</b>	REVE - REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES						
<b>Unidade</b>	m <sup>2</sup>						
<b>Valor</b>	51,46						
	Código	Descrição	Tipo	Unidade	Valor	Coeficiente	Valor
C	87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_06/2014	SERVIÇOS DIVERSOS	m <sup>3</sup>	399,6	0,031	12,5
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS DIVERSOS	H	26,85	0,780	20,9
C	88316	SERVEnte COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS DIVERSOS	H	21,14	0,780	16,5
I	00037411	TELA DE AÇO SOLDADA GALVANIZADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,24 MM, MALHA 25 X 25 MM	Material	m <sup>2</sup>	10,81	0,139	1,5

Fonte: (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2019).

Para mão de obra, a composição de valores SINAPI ainda acrescenta os custos complementares compostos de itens relativos aos custos de alimentação, transporte urbano, equipamentos de proteção individual, ferramentas, exames médicos e seguros obrigatórios, Quadro 19. Esses custos complementares, conforme Caixa (2019), são provenientes de exigências estabelecidas nas convenções coletivas, obtidos através de pesquisas de mercado e materializados na forma de insumos e composições auxiliares específicas, Quadro 20.

Quadro 19 - Composição SINAPI para servente com encargos.

<b>Composição SINAPI - 88316</b>							
<b>Código</b>	88316						
<b>Descrição</b>	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES						
<b>Data</b>	03/2019						
<b>Estado</b>	Rio de Janeiro						
<b>Tipo</b>	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS						
<b>Unidade</b>	H						
<b>Valor</b>	21,14						
	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor</b>	<b>Coef.</b>	<b>Valor</b>
C	88236	FERRAMENTAS (ENCARGOS COMPLEMENTARES) - HORISTA	SERVIÇOS DIVERSOS	H	0,43	1,000	0,43
C	88237	EPI (ENCARGOS COMPLEMENTARES) - HORISTA	SERVIÇOS DIVERSOS	H	0,81	1,000	0,81
C	95378	CURSO DE CAPACITAÇÃO PARA SERVENTE (ENCARGOS COMPLEMENTARES) - HORISTA	SERVIÇOS DIVERSOS	H	0,24	1,000	0,24
I	6111	SERVENTE DE OBRAS	Mão de Obra	H	14,15	1,000	14,15
I	37370	ALIMENTACAO - HORISTA (COLETADO CAIXA)	Outros	H	3,57	1,000	3,57
I	37371	TRANSPORTE - HORISTA (COLETADO CAIXA)	Serviços	H	1,55	1,000	1,55
I	37372	EXAMES - HORISTA (COLETADO CAIXA)	Outros	H	0,34	1,000	0,34
I	37373	SEGURO - HORISTA (COLETADO CAIXA)	Taxas	H	0,05	1,000	0,05

Fonte: (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2019).

Quadro 20 - Composição SINAPI para ferramentas dos encargos complementares.

<b>Composição SINAPI - 88236</b>							
<b>Código</b>	88236						
<b>Descrição</b>	FERRAMENTAS (ENCARGOS COMPLEMENTARES) - HORISTA						
<b>Data</b>	03/2019						
<b>Estado</b>	Rio de Janeiro						
<b>Tipo</b>	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS						
<b>Unidade</b>	H						
<b>Valor</b>	0,43						
	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Valor</b>
I	10	BALDE PLASTICO CAPACIDADE *10* L	Material	UN	8,43	0,0070125	0,05
I	2711	CARRINHO DE MAO DE ACO CAPACIDADE 50 A 60 L, PNEU COM CAMARA	Equipamento	UN	118,9	0,0005937	0,07
I	11359	ESMERILHADEIRA ANGULAR ELETRICA, DIAMETRO DO DISCO 7 " (180 MM), ROTACAO 8500 RPM, POTENCIA 2400 W	Equipamento	UN	574,5	0,0000566	0,03
I	12815	FITA CREPE ROLO DE 25 MM X 50 M	Material	UN	6,66	0,0079816	0,05
I	25966	REDUTOR TIPO THINNER PARA ACABAMENTO	Material	L	17,62	0,0013303	0,02
I	38382	LINHA DE PEDREIRO LISA 100 M	Material	UN	8,68	0,0025312	0,02
I	38390	ROLO DE LA DE CARNEIRO 23 CM (SEM CABO)	Material	UN	26,17	0,0013303	0,03
I	38393	ROLO DE ESPUMA POLIESTER 23 CM (SEM CABO)	Material	UN	11,8	0,0013303	0,01
I	38396	SELADOR HORIZONTAL PARA FITA DE ACO 1 "	Material	UN	385,37	0,0000453	0,01
I	38399	BOLSA DE LONA PARA FERRAMENTAS *50 X 35 X 25* CM	Material	UN	146,92	0,0002263	0,03
I	38412	INVERSOR DE SOLDA MONOFASICO DE 160 A, POTENCIA DE 5400 W, TENSAO DE 220 V, TURBO VENTILADO, PROTECAO POR FUSIVEL TERMICO, PARA ELETRODOS DE 2,0 A 4,0 MM	Equipamento	UN	804,41	0,0000396	0,03
I	38413	LIXADEIRA ELETRICA ANGULAR, PARA DISCO DE 7 " (180 MM), POTENCIA DE 2.200 W, *5.000* RPM, 220 V	Equipamento	UN	592,3	0,0000388	0,02
I	38476	ESCADA DUPLA DE ABRIR EM ALUMINIO, MODELO PINTOR, 8 DEGRAUS	Material	UN	221,37	0,0001811	0,04
I	38477	ESCADA EXTENSIVEL EM ALUMINIO COM 6,00 M ESTENDIDA	Material	UN	626,93	0,0000388	0,02

Fonte: (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2019).



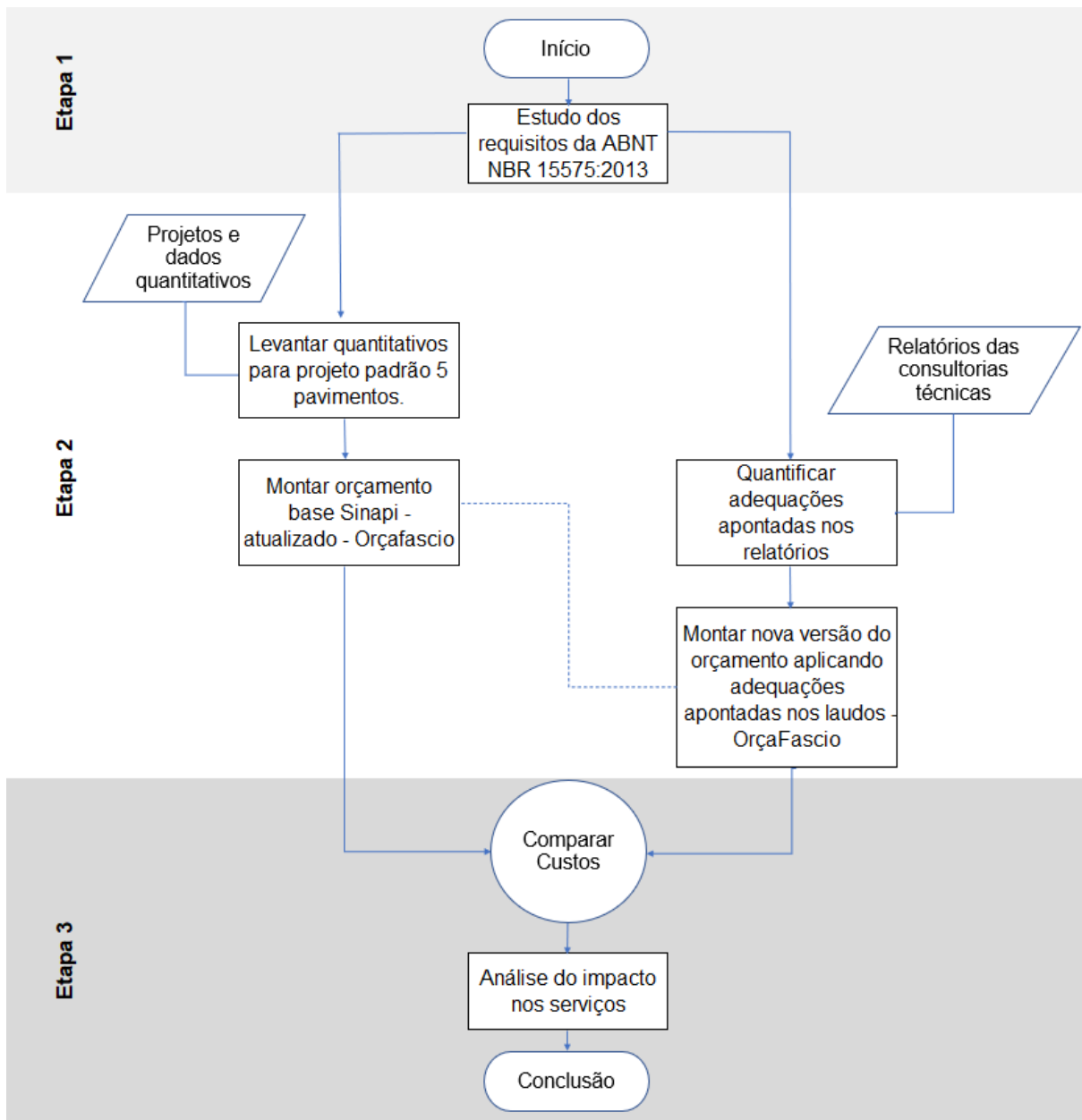
#### 4. METODOLOGIA

O presente capítulo busca estabelecer o delineamento da pesquisa e apresentar o método adotado na realização do trabalho. A dissertação teve como premissa buscar respostas a um problema específico utilizando dados quantificáveis, o impacto de custo na edificação de cinco pavimentos estudada, por esta razão, é uma pesquisa aplicada com caráter descritivo. Embora composta por números, é feita uma análise qualitativa dos dados através de comparação.

Com relação aos objetivos gerais, este é um trabalho exploratório, cuja característica é proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. O procedimento para coleta de dados é a pesquisa documental aplicada ao orçamento, que, segundo Gil (2002), utiliza documentos, relatórios de empresas, que podem ser reelaborados de acordo com os objetivos traçados.

Com o intuito de facilitar a visualização da metodologia utilizada, foi desenvolvido o fluxograma da Figura 5. A pesquisa foi estruturada em três fases, a primeira constou com estudo dos requisitos da ABNT NBR 15575:2013 e sua aplicação nas avaliações e relatórios emitidos pelas consultorias técnicas, a segunda com a realização da pesquisa documental e elaboração dos orçamentos dos projetos original e adequado ao atendimento da ABNT NBR 15575:2013 e a terceira apresentou um comparativo dos produtos gerados com posterior análise dos itens orçamentários.

Figura 5- Fluxograma metodológico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.1. ETAPA 1 – ESTUDO DOS REQUISITOS DA ABNT NBR 15575:2013

Primeiramente, realizou-se um levantamento dos itens da ABNT NBR 15575:2013 avaliados pelas consultorias técnicas contratadas pela construtora parceira. Esta etapa foi importante para entender melhor como foram desenvolvidas



as avaliações para verificação do atendimento aos parâmetros mínimos estruturais, térmicos, acústicos e lumínicos. O Quadro 21 resume os requisitos abordados nesta etapa.

Quadro 21 - Requisitos da ABNT NBR 15575:2013 avaliados nas consultorias técnicas.

<b>Desempenho</b>	<b>Requisito</b>	<b>ABNT NBR 15575:2013</b>
<b>Estrutural</b>	Estabilidade e resistência estrutural;	Parte 1 - item 7.2 e Parte 2 - item 7.2
	Deformações, fissurações ocorrência de outras falhas;	Parte 1 - item 7.3 e Parte 2 - item 7.2
<b>Térmico</b>	Exigências de desempenho no verão;	Parte 1 - item 11.3
<b>Acústico</b>	Isolação acústica de vedações externas – Sistemas de vedações verticais;	Parte 1 - item 12.2 e Parte 4 - item 12.3
	Isolação acústica entre ambientes – Sistemas de vedações verticais;	Parte 1 - item 12.3 e Parte 4 - item 12.3
	Isolamento acústico da cobertura devido a sons aéreos;	Parte 1 - item 12.2 e Parte 5 - item 12.3
	Isolamento de ruído aéreo dos sistemas de pisos entre unidades habitacionais;	Parte 1 - item 12.3 e Parte 3 - item 12.3
	Ruído de impacto em sistema de pisos;	Parte 1 - item 12.4 e Parte 3 - item 12.3
<b>Lumínico</b>	Iluminação natural.	Parte 1 - item 13.2

Fonte: elaborado pelo autor.

Os temas vistos neste estudo contribuíram na construção da revisão bibliográfica, fixando os aspectos que foram abordados no item 2.3 deste trabalho. Também foi relevante para estruturar a metodologia de análise dos relatórios das consultorias e por fim, forneceram subsídios para a interpretação dos resultados das análises dos consultores e suas adequações aos projetos.

#### 4.2. ETAPA 2 – ELABORAÇÃO DOS ORÇAMENTOS

Para realização deste estudo de caso, foi de suma importância a colaboração da empresa construtora parceira, cujo material fornecido possibilitou a realização desta pesquisa documental. A empresa foi fundada na década de 60, desenvolve edifícios comerciais, residenciais, condomínios de casas e conjuntos habitacionais.

Possui qualidade certificada pela ISO-9001/2008 e detém o nível A (máximo) do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Habitação (PBQP-H).

Essa construtora tem em seu portfólio obras realizadas em diversos estados brasileiros, sendo algumas participantes do programa governamental “Minha Casa Minha Vida” (MCMV). O projeto estudado, inclusive, foi desenvolvido em 2010 para empreendimentos enquadrados neste segmento e replicado para diferentes cidades brasileiras. A análise para adaptação à ABNT NBR 15575:2013 foi realizada para um empreendimento localizado no estado do Rio de Janeiro.

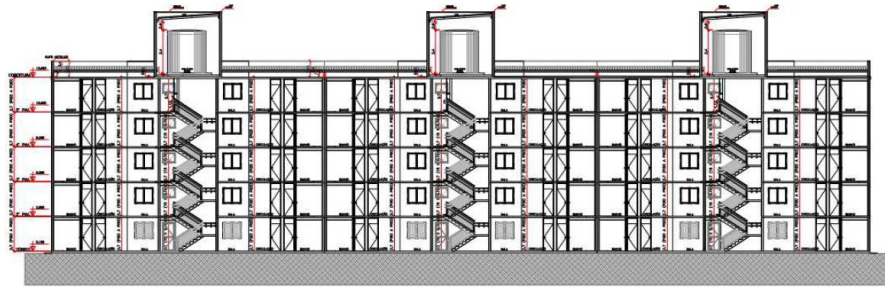
Os documentos disponibilizados são os seguintes:

- a) Projeto arquitetônico;
- b) Projeto estrutural;
- c) Tabela de acabamentos;
- d) Planilhas orçamentárias;
- e) Relatório de auditoria estrutural;
- f) Relatório de consultoria para avaliação acústica;
- g) Relatório de consultoria para avaliação térmica;
- h) Relatório de consultoria para avaliação lumínica.

#### **4.2.1. Detalhes construtivos do empreendimento**

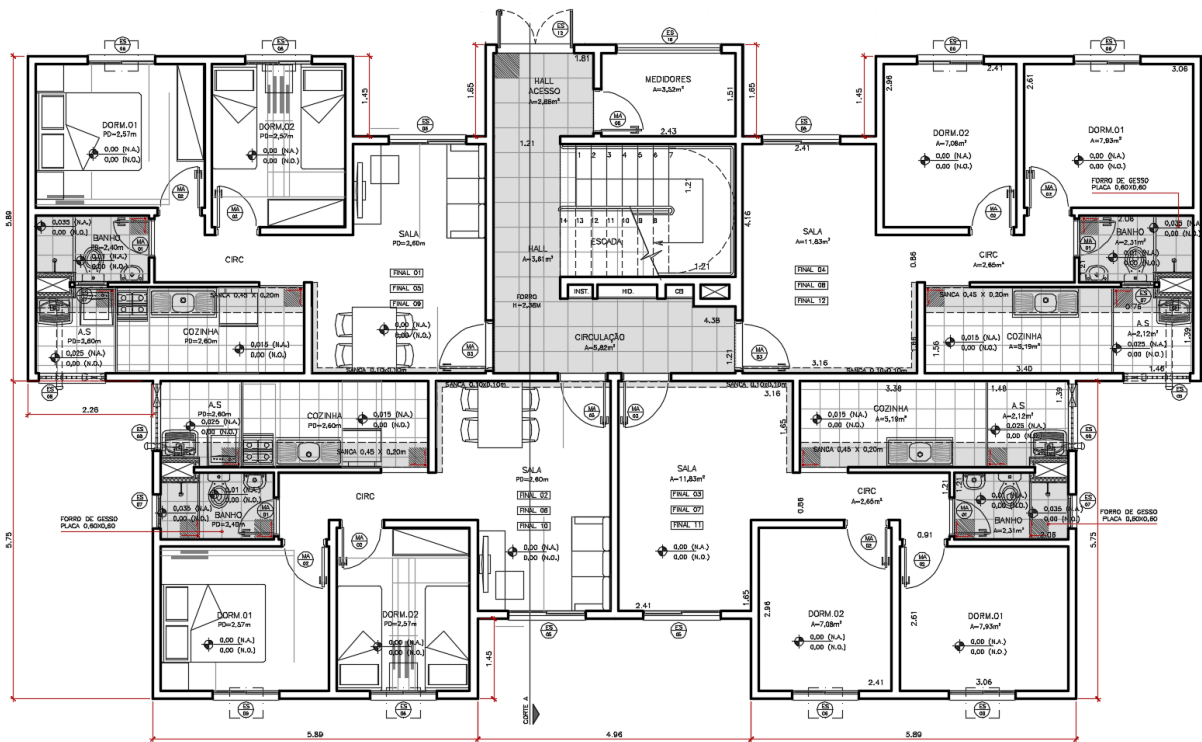
Essa tipologia padrão possui as seguintes características: cinco pavimentos, com quatro apartamentos por andar, totalizando 20 unidades por torre, sendo todos de dois dormitórios, um banheiro, sala, cozinha e área de serviço. Um corte geral de um bloco de três torres está representado na Figura 6, a planta baixa do térreo na Figura 7 e uma planta humanizada da unidade habitacional na Figura 8.

Figura 6 - Corte geral da edificação.



Fonte: fornecido pela empresa parceira.

Figura 7 - Planta baixa do pavimento térreo.



Fonte: fornecido pela empresa parceira.

Figura 8 - Planta humanizada do apartamento padrão.



Fonte: fornecido pela empresa parceira.

O empreendimento em estudo é composto por 19 torres dessa tipologia padrão, sendo que essas edificações estão agrupadas em blocos de dois e três prédios na implantação geral, Figura 9, totalizando 380 unidades habitacionais e uma área construída de 19.512 m<sup>2</sup>.

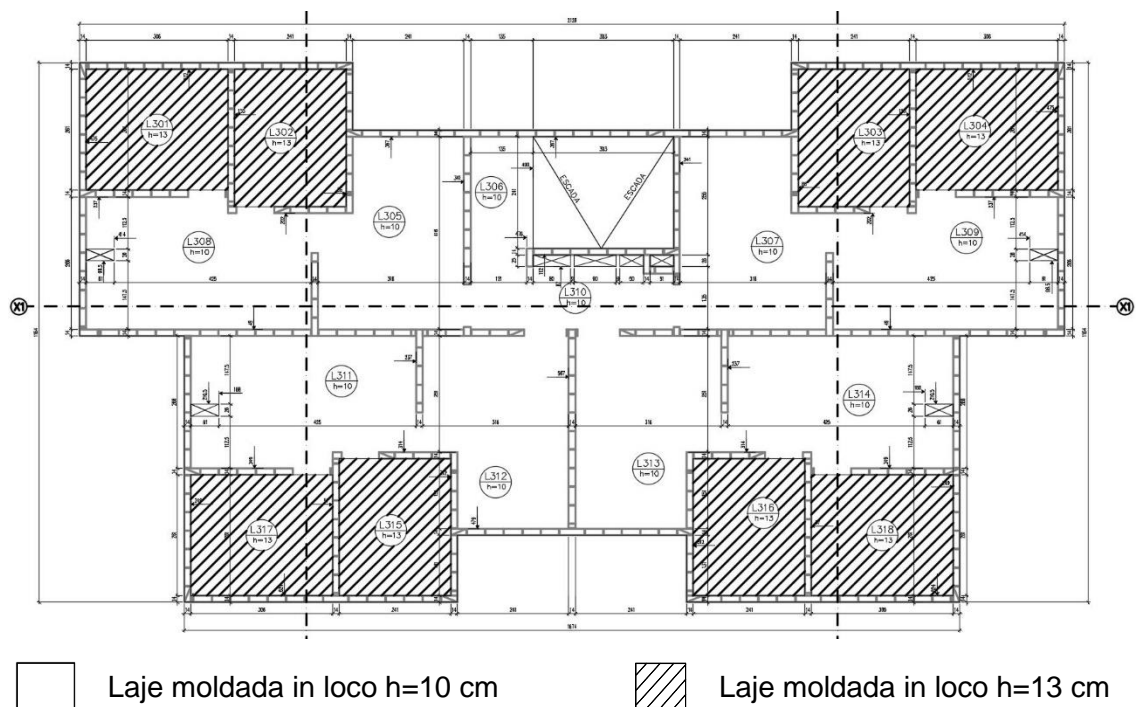
Figura 9 - Implantação.



Fonte: fornecido pela empresa parceira.

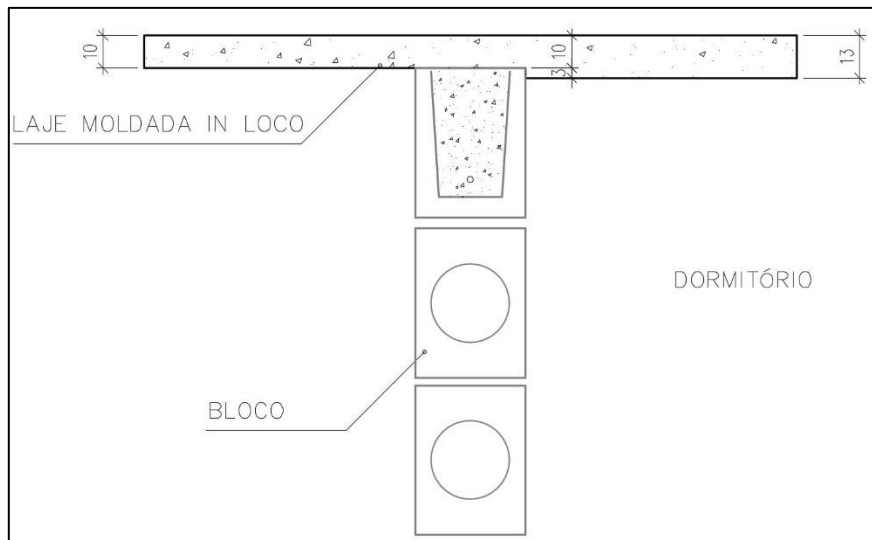
As fundações profundas são do tipo hélice contínua e sobre essas foram executados blocos, vigas baldrame e uma laje de piso de concreto armado. A alvenaria é estrutural com blocos de concreto de espessura 14 cm. As lajes de concreto armado foram moldadas in loco, com espessura final de 13 cm nos dormitórios e 10cm nos demais ambientes, Figura 10 e Figura 11.

Figura 10 - Planta baixa do pavimento tipo do projeto estrutural - diferença das espessuras das lajes.



Fonte: fornecido pela empresa parceira.

Figura 11 - Detalhe genérico da laje do projeto estrutural - dormitórios do pavimento tipo.



Fonte: fornecido pela empresa parceira.

As esquadrias externas (janelas e porta de entrada do edifício) são em alumínio e as internas em madeira, tipo semiocas, com pintura. A cobertura da edificação é executada com telhas onduladas de fibrocimento de 6 mm de espessura, fixadas sobre uma estrutura metálica chumbada à laje em concreto e platibanda do último pavimento.

A impermeabilização dos banheiros, cozinhas e áreas de serviço é realizada com impermeabilizante semiflexível e tratamento de ralos com véu de poliéster. Os pisos internos desses ambientes são revestidos em cerâmica 35x35 cm, já as salas e os dormitórios são entregues apenas com contrapiso ou com laje de concreto polida.

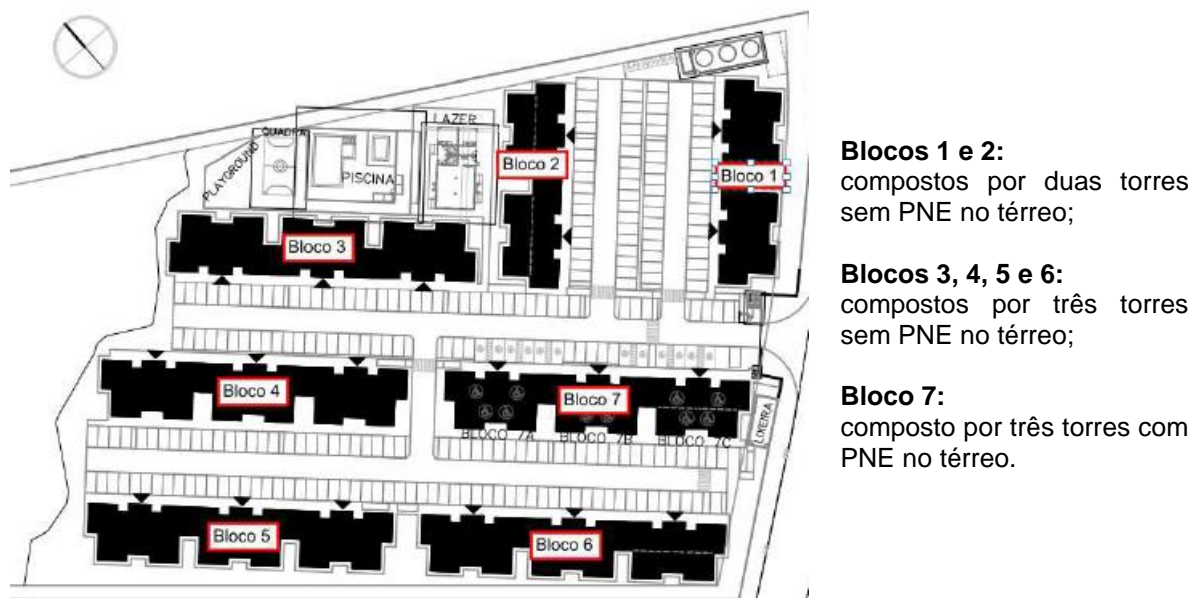
As paredes internas são revestidas com gesso liso desempenado com 0,5 cm de espessura e recebem pintura látex acrílica, com exceção das paredes hidráulicas da cozinha, área de serviço e box dos banheiros que recebem revestimento cerâmico diretamente sobre os blocos de concreto. Há forro de gesso nos banheiros e sancas nas cozinhas e áreas de serviço, o restante dos ambientes recebe pintura diretamente sobre a laje do teto. As paredes externas recebem revestimento decorativo em monocapa, com espessura de 1,5 cm.

#### 4.2.2. Orçamento atualizado

O orçamento executivo detalhado faz parte do conjunto de planilhas orçamentárias disponibilizadas pela construtora parceira para elaboração deste trabalho. É composto por relatórios de custos diretos e indiretos de construção, contemplando o empreendimento em sua totalidade de torres somados a infraestrutura da área externa. Por esta razão, a primeira etapa deste estudo consistiu em identificar a edificação mais representativa do conjunto de dezenove torres e isolá-la das demais, pois a análise de custo será realizada através de um comparativo dos custos diretos de construção de uma única torre.

Ao analisar a implantação do condomínio, Figura 12, nota-se que os blocos 1 e 2, são compostos por duas torres, enquanto os demais possuem um conjunto de três, além disso, apresentam uma disposição em planta perpendicular as demais edificações, por essas razões, foram retirados da seleção de unidade mais representativa. Assim como o bloco 7, que apresenta uma planta diferenciada com unidades para pessoas com deficiência (PCD) no térreo.

Figura 12 - Identificação dos blocos do empreendimento.

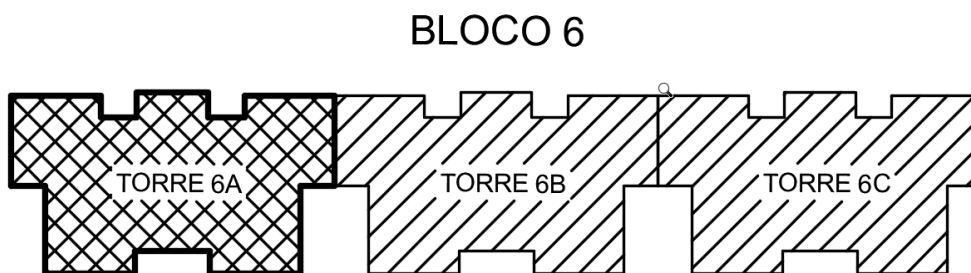


Fonte: fornecido pela empresa parceira.

Para isolar uma das torres dos blocos 3, 4, 5 e 6, foram analisados os demais projetos, sendo o de fundações o que mais apresentavam diferenças entre os blocos.

A maior parte do empreendimento foi projetado com estacas tipo hélice contínua com diâmetros entre 30 e 40 centímetros, porém o bloco 4 possui parte de sua fundação em sapatas e os blocos 3 e 5 apresenta estacas tipo hélice contínua de 50 e 80 centímetros de diâmetro. Portanto, o bloco 6 foi o que melhor representou a média de estacas utilizadas no empreendimento, portanto foi indicado como o mais representativo do conjunto e sua torre A será individualizada, Figura 13.

Figura 13 - Identificação da torre A do bloco 6.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através do relatório de orçamento, Figura 14, foi possível buscar o levantamento quantitativo elaborado pela equipe de orçamento da construtora parceira para uma torre. Como a unidade selecionada foi a torre A do bloco 6, foi necessário refazer o levantamento das fundações profundas e diretas, pois as quantidades presentes no relatório eram compostas da média de todas as fundações das 16 torres sem PCD. Outro item revisado foi o revestimento e pintura externa, já que a unidade selecionada pertence a ponta de um dos blocos, foi necessária a inclusão de uma face de revestimento, desta forma, o custo analisado corresponde a uma torre isoladamente.



Figura 14 - Planilha orçamentária sintética.

<b>ORÇAMENTO SINTÉTICO</b>						
EMPREENDIMENTO:		REVISÃO:		BASE:	INCC-DI	DATA:
				dez/16	688,9850	
ITEI	DESCRIÇÃO	UNI	QUAN	VALOR		%
				UNITÁRIO	TOTAL	
OBRA	PARQUE DOS SONHOS SÃO GONÇALO - EXECUTIVO				26.359.149,58	100,00
03	INFRACONDOMINIAL				4.440.116,78	16,85
03.001	SERVIÇOS PRELIMINARES				81.500,00	0,31
03.002	TERRAPLENAGEM - CUSTO ADICIONAL				0,00	0,00
03.003	DRENAGEM				291.442,86	1,11
03.004	REDES DE ESGOTO				319.607,20	1,21
03.005	REDES DE ÁGUA POTÁVEL E INCÊNDIO				223.745,76	0,85
03.006	REDE DE GÁS				239.400,00	0,91
03.007	REDE ELÉTRICA / ILUMINAÇÃO				340.469,02	1,29
03.008	REDE DE INSTALAÇÕES ESPECIAIS				100.254,88	0,38
03.009	PAVIMENTAÇÃO				902.155,56	3,42
03.010	PAISAGISMO				192.660,70	0,73
03.011	CASTELO METÁLICO				1.278.956,54	4,85
03.012	MUROS E FECHAMENTOS EXTERNOS				358.598,45	1,36
03.013	ESQUADRIAS DE FERRO				111.325,81	0,42
04	EDIFICAÇÕES				16.191.016,42	61,43
04.01	TORRE 2 QUARTOS - NORMAL	un	16,00	850.254,07	13.604.065,12	51,61
04.02	TORRE 2 QUARTOS - PCD	un	3,00	862.317,10	2.586.951,30	9,81
05	AREA EXTERNA				754.060,16	2,86
05.001	GUARITA				34.949,92	0,13
05.002	DEP. LIXO DE SCOBERTO				55.079,76	0,21
05.003	SALÃO DE FESTAS				177.049,72	0,67
05.004	PLAYGROUND / PLAYBABY				8.211,32	0,03
05.005	FITNESS EXTERNO				12.758,38	0,05
05.006	BICICLETÁRIO				27.513,45	0,10
05.007	PISCINA				313.329,10	1,19
05.008	PRAÇAS				12.792,60	0,05
05.009	MEDIDORES				34.053,34	0,13
05.010	QUADRA				60.999,82	0,23
05.011	PERGOLADO				17.322,75	0,07
06	CUSTO ADICIONAL				2.321.984,58	8,81
06.001	CONTENÇÕES INTERNAS				265.730,84	1,01
06.002	DRENAGEM INTERNA FUNDOS DO TERRENO				96.232,28	0,37
06.003	TERRAPLENAGEM				644.767,04	2,45
06.004	ETE - SIST. LODOS ATIVADOS POR AERAÇÃO PROLONGADA				477.285,04	1,81
06.005	RESERVATÓRIO DE RETARDO				187.912,35	0,71
06.006	TRATAMENTOS EM ROCHA				400.050,00	1,52
06.007	REDE COLETORA DE ESGOTO DE VIZINHOS				150.000,00	0,57
06.008	SUBDRENAGEM PARA PAVIMENTAÇÃO				100.007,03	0,38
08	TAXA DE ADMINISTRAÇÃO				2.651.971,64	10,06
08.001	TAXA DE ADMINISTRAÇÃO				2.651.971,64	10,06

Fonte: fornecido pela empresa parceira.

Com o levantamento quantitativo de uma única torre finalizado, procedeu-se a etapa de conversão do orçamento para a base de composições SINAPI com valores atualizados. Essa mudança de base é importante para que o banco de composições utilizado siga um padrão, porque ao utilizar as composições específicas do orçamento fornecido pela empresa parceira, pode ocorrer uma distorção de valores devido a um consumo menor ou maior que a média usual do mercado. Além disso, a base SINAPI facilita a atualização dos valores dos insumos, fator importante visto que foram necessárias solicitações de novas cotações para esquadrias e revestimentos, por exemplo.

Ao transpor a base da construtora parceira para a base SINAPI, foi realizada a comparação entre as composições de cada grupo de serviços para certificar que todos os insumos estavam contemplados. Nessa transição, a quantidade de composições necessárias para cada serviço variou conforme a base, conseqüentemente, algumas adaptações de unidades de medida foram imprescindíveis. Como exemplo, pode-se citar a estaca hélice contínua que, para a construtora parceira a remoção de terra e o arrasamento de cabeça de estaca organizam-se em composições de custo separadas, já a base SINAPI considera todos os serviços na mesma composição, Quadro 22.

Quadro 22 - Composição SINAPI para estaca hélice contínua com 30 cm de diâmetro.

Composição SINAPI - 90808								
<b>Código</b>	90808							
<b>Descrição</b>	ESTACA HÉLICE CONTÍNUA, DIÂMETRO DE 30 CM, COMPRIMENTO TOTAL ATÉ 15 M, PERFURATRIZ COM TORQUE DE 170 KN.M (EXCLUSIVE MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO). AF_02/2015							
<b>Data</b>	03/2019						<b>Estado</b>	Rio de Janeiro
<b>Tipo</b>	FUES - FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS							
<b>Unidade</b>	M							
				<b>Valor</b>			62,26	
	Código	Descrição	Tipo	Unidade	Valor	Coef.	Valor	
C	74010/001	CARGA E DESCARGA MECANICA DE SOLO UTILIZANDO CAMINHAO BASCULANTE 6,0M3/16T E PA CARREGADEIRA SOBRE PNEUS 128 HP, CAPACIDADE DA CAÇAMBA 1,7 A 2,8 M3, PESO OPERACIONAL 11632 KG	MOVIMENTO DE TERRA	m³	1,77	0,0883	0,15	
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS DIVERSOS	H	21,14	0,1401	2,96	
C	90674	PERFURATRIZ COM TORRE METÁLICA PARA EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA, PROFUNDIDADE MÁXIMA DE 30 M, DIÂMETRO MÁXIMO DE 800 MM, POTÊNCIA INSTALADA DE 268 HP, MESA ROTATIVA COM TORQUE MÁXIMO DE 170 KNM - CHP DIURNO. AF06/2015	CUSTOS HORÁRIOS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	CHP	416,03	0,0241	10,02	
C	90675	PERFURATRIZ COM TORRE METÁLICA PARA EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA, PROFUNDIDADE MÁXIMA DE 30 M, DIÂMETRO MÁXIMO DE 800 MM, POTÊNCIA INSTALADA DE 268 HP, MESA ROTATIVA COM TORQUE MÁXIMO DE 170 KNM - CHI DIURNO. AF_06/2015	CUSTOS HORÁRIOS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	CHI	158,61	0,0226	3,58	
C	95967	SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS PARA ACOMPANHAMENTO DE EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS E ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO	SERVIÇOS TÉCNICOS	H	139,16	0,0467	6,49	
C	97913	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 6 M3, EM VIA URBANA EM REVESTIMENTO PRIMÁRIO (UNIDADE: M3XKM). AF_01/2018	MOVIMENTO DE TERRA	M3XKM	1,69	0,0265	0,04	
I	38464	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C20, COM BRITA 0, SLUMP = 220 +/- 20 MM, INCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	Material	m³	373,1	0,1046	39,02	

Fonte: (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2019).

Quantitativos adaptados:

- laje de piso – acabamento e escavação;
- instalações elétricas e hidráulicas – por ponto;
- esquadrias de alumínio- por m<sup>2</sup>;
- esquadrias de madeira – ferragens inclusas na composição;
- revestimentos – mão de obra inclusas nas composições;
- limpeza – por m<sup>2</sup>.

A transposição do orçamento para base SINAPI foi realizada utilizando o software OrçaFascio que é um sistema desenvolvido em plataforma web. Esse software foi disponibilizado de forma gratuita, pelo fabricante, para os discentes e pós-graduandos em Engenharia Civil na UFSM em sua versão educacional, sendo aplicado em pesquisa e no aprendizado de planejamento, orçamento e gestão de obras com finalidade unicamente acadêmicas. A versão cedida dá acesso a diversas bases de composições, inclusive a SINAPI, e são periodicamente atualizadas.

#### **4.2.3. Orçamento do projeto revisado**

A ABNT NBR 15575:2013 estabelece, como uma base técnica, requisitos que servem de parâmetros para aferir a qualidade da construção e norteiam tanto as reclamações como as verificações feitas. Com o intuito de estabelecer um patamar mínimo de adequação no produto final entregue aos clientes, torna-se essencial para a empresa construtora um estudo mais a fundo das tipologias construtivas identificando o atendimento a norma e em que nível de desempenho.

As formas de comprovar o desempenho dos componentes, elementos e sistemas que compõem o edifício pode se dar através de relatórios internos de fornecedores, relatórios de laboratórios especializados, relatórios de especialistas (consultores), projeto atestando cumprimentos das normas específicas, projeto comprovando o atendimento aos critérios e relatórios de inspeção em protótipo. A construtora parceira optou pela consulta à especialistas nas áreas de estruturas, térmica, acústica e lumínica. Através de seus relatórios foi possível identificar e implementar melhorias nas tipologias existentes de forma a atender aos parâmetros mínimos da norma nestas disciplinas.

O processo seguinte consistiu em identificar, nos relatórios de estudo de desempenho solicitados pela construtora, os itens que não atingiram o nível mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013, no projeto analisado, e qual foi a forma proposta pelos consultores e construtora para cumprir os requisitos. Desta maneira, além de esclarecer o porquê das alterações necessárias, torna-se possível quantificá-las para incluir no orçamento desta etapa.

#### **4.2.4. Relatório de auditoria de projeto estrutural**

Este relatório foi elaborado visando apresentar os resultados da auditoria do projeto estrutural concebido para o empreendimento. Esta verificação, está prescrita na normativa ABNT NBR 6118:2014, e é denominada avaliação de conformidade do projeto, devendo ser realizada por profissional habilitado, independente e diferente do projetista (ABNT, 2014a).

A auditoria realizada seguiu as seguintes premissas:

- a) verificação da estabilidade global;
- b) verificação se as resistências de materiais especificados em projeto atendem às tensões atuantes nas paredes estruturais;
- c) verificação do comportamento local (esbeltez) das alvenarias;
- d) análise da alvenaria estrutural do tipo, térreo e cobertura nos aspectos: modulação, elevações e pontos de grauteamento;
- e) análise da armação das elevações – armação horizontal e vertical;
- f) avaliação das cargas e verificação do detalhamento dos elementos.

As prescrições normativas utilizadas nesta auditoria foram:

- ABNT NBR 6118:2014, Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 6120:1980, Cargas para cálculo de estruturas e edificações;
- ABNT NBR 6123:1988, Forças devidas ao vento em edificações;
- ABNT NBR 15961-1:2011, Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 1: Projeto e
- ABNT NBR 15961-2:2011, Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 2: Execução e controle de obras.

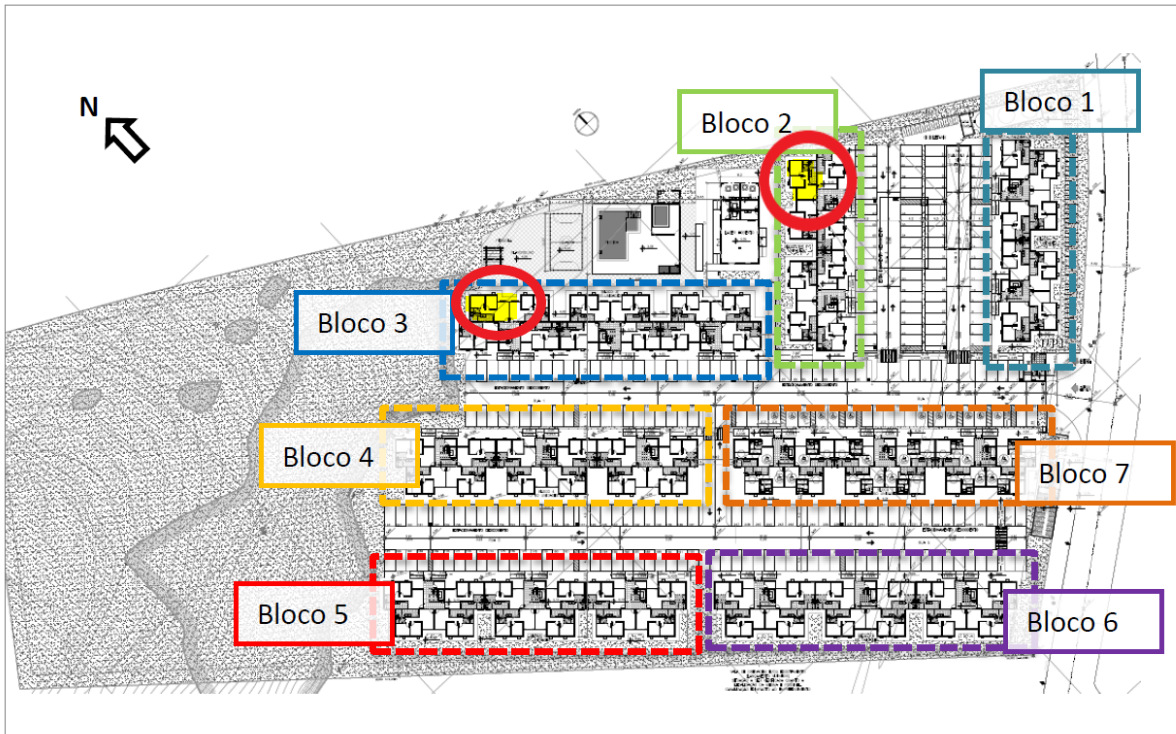
#### **4.2.5. Desempenho térmico – Avaliação para atendimento à ABNT NBR 15575:2013**

A análise de desempenho térmico foi realizada pelo método da simulação computacional conforme procedimento descrito na ABNT NBR 15575:2013 utilizando o *software EnergyPlus*. O empreendimento em estudo localiza-se em uma cidade pertencente a Zona Bioclimática 8, neste caso, a norma isenta a realização de avaliação de desempenho térmico para inverno, portanto a análise foi realizada com dados para o período crítico verão.

Para a simulação computacional, foi verificado o atendimento aos requisitos e critérios de desempenho térmico através de comparações entre a temperatura externa e a temperatura interna dos ambientes de maior permanência, sala e dormitórios, em um dia típico de verão, nos apartamentos situados no último andar, com cobertura exposta. Além disto, a unidade avaliada deve apresentar a condição mais crítica do ponto de vista térmico, a ABNT NBR 15575:2013 recomenda que o apartamento possua a janela do dormitório ou sala voltada para o oeste e a outra parede exposta voltada para norte. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para oeste.

Os apartamentos escolhidos para análise estão situados no último andar dos Blocos dois e três. Como todos os blocos apresentam a mesma tipologia, estes foram selecionados por estarem mais ao norte e por representarem as duas orientações de torres possíveis. As tipologias estudadas estão voltadas para noroeste e nordeste e seguem assinaladas na implantação do empreendimento, Figura 15.

Figura 15 - Implantação do empreendimento com identificação das unidades habitacionais destacadas para simulação do comportamento térmico da edificação.



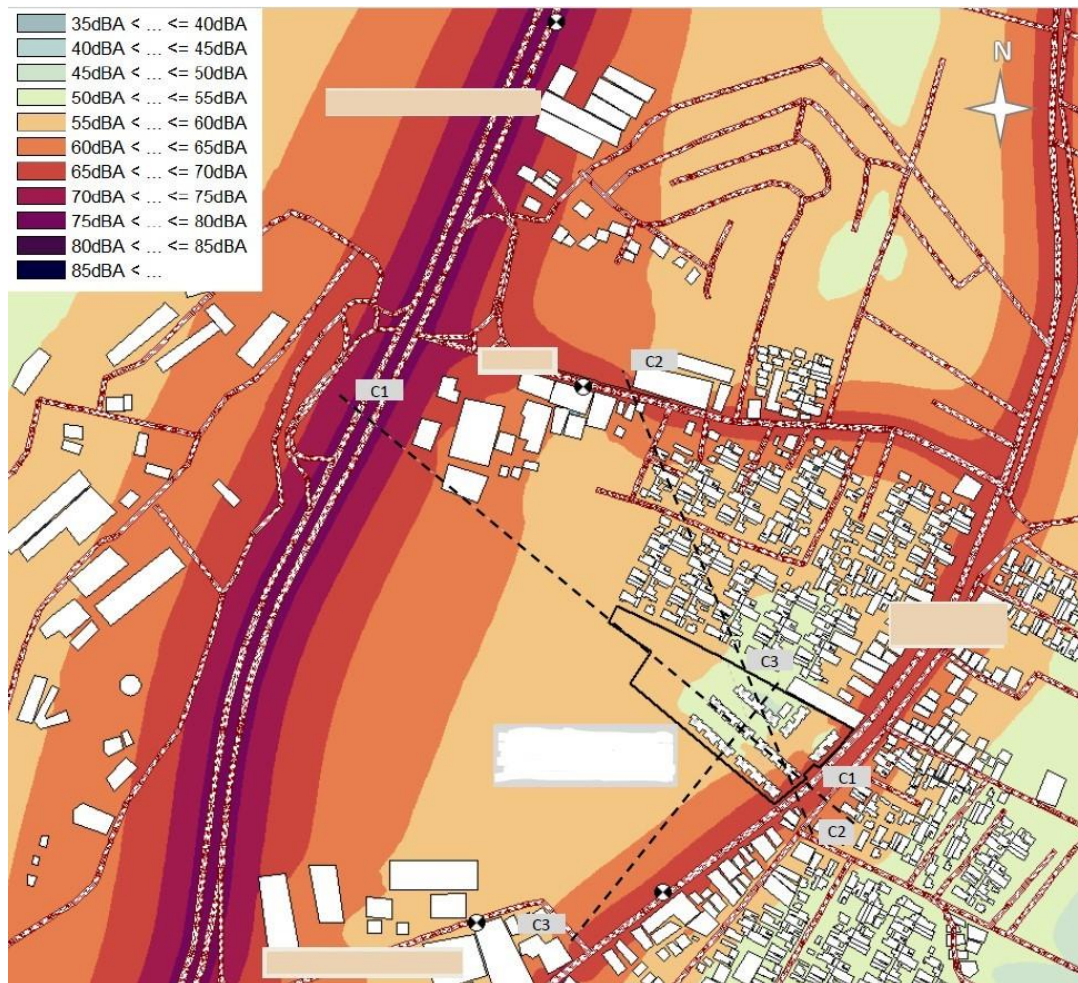
Fonte: fornecido pela empresa parceira.

#### 4.2.6. Relatório de estudo de desempenho acústico

Este relatório descreve os critérios e a avaliação acústica do empreendimento através da análise das características construtivas do projeto. Desta forma, foi possível verificar as necessidades de soluções de tratamento acústico objetivando promover, aos ambientes analisados, a qualidade acústica compatível com o nível mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013.

Em conjunto com essa avaliação, foi elaborado um relatório de classificação de ruído com o objetivo de computar as características acústicas ambientais no entorno do terreno do futuro empreendimento residencial. Esses dados, Figura 16, foram utilizados para a estimativa do impacto sonoro nas fachadas dos blocos projetados e para a determinação da classe de ruído por fachada.

Figura 16 - Mapa de propagação de ruído no entorno do empreendimento - corte horizontal a 1,50m de altura.



Fonte: fornecido pela empresa parceira.

Foi utilizado o software de simulação *SONarchitect ISO* para estimativa dos desempenhos acústicos de campo dos sistemas construtivos a partir de modelo 3D paramétrico. A ABNT NBR 15575-4:2013 indica, entre os métodos disponíveis para verificação, o método de precisão realizado em laboratório, descrito na norma ISO 10140-2:2010, *Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements*, onde pode-se determinar a isolamento sonora de componentes e elementos construtivos.

Porém, para avaliar um projeto com diversos elementos (parede com janela, parede com porta, etc.), é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto. A ABNT NBR 15575:2013 estabelece a realização de ensaios em

campo para a determinação de conformidade com os valores normativos. As simulações, neste caso, são meramente informativas e servem de apoio à elaboração de projetos. Para isto, a consultoria técnica utilizou o procedimento indicado pela família de normas europeias EN 12354:2003, *Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements*, para o cálculo do desempenho futuro em campo.

Os resultados do estudo estimativo de desempenho acústico para as vedações verticais externas e internas, coberturas e pisos, serão descritos no capítulo 5.

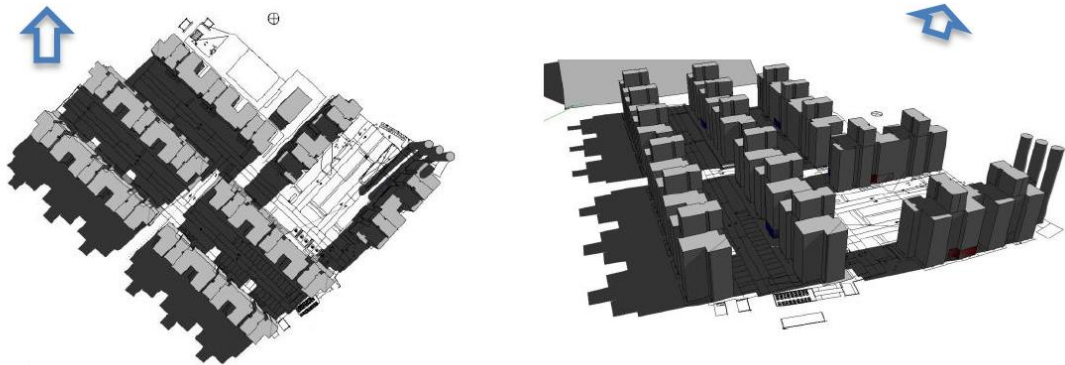
#### **4.2.7. Desempenho lumínico – Avaliação para atendimento à ABNT NBR 15575:2013**

Para a análise do desempenho lumínico, foram verificados os níveis de iluminância geral para iluminação natural oriunda diretamente do exterior ou indiretamente, através de recintos adjacentes. Consta, no relatório da consultoria, a avaliação, pelo método da simulação computacional, para verificação do atendimento ao requisito de iluminação natural para as dependências de sala de estar, dormitório, cozinha e área de serviço, conforme ABNT NBR 15575:2013.

O modelo gerado para o empreendimento está ilustrado na Figura 17, através dele são realizadas as simulações para o plano horizontal, nos períodos da manhã (9:30h) e da tarde (15:30h), respectivamente para os dias 23 de abril e 23 de outubro conforme as diretrizes descritas na ABNT NBR 15575:2013. Os níveis gerais de iluminância nas diferentes dependências devem atender aos 60 lux de iluminação natural para salas, dormitórios, cozinhas e áreas de serviço, podendo o nível ser ligeiramente mais baixo para o pavimento térreo, tolerância de 20% (48 lux).



Figura 17 - Modelo esquemático para avaliação do sombreamento entre blocos no dia 23 de abril, às 9:30h.



Fonte: fornecido pela empresa parceira.

#### 4.3. ETAPA 3 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

O orçamento do projeto original da torre A do bloco 06, sem as verificações de desempenho, serve de base para aplicação das solicitações de adequação à ABNT NBR 15575:2013. Gerando então uma nova versão do orçamento da edificação de base SINAPI com o atendimento aos requisitos da norma apontados pelas consultorias contratadas. Os serviços foram organizados conforme ordem indicada na ABNT NBR 12721 (2006), Quadro 23, e foram checados nesta sequência.

Com as duas versões completas, foi realizada a etapa de comparação de resultados. Nesta fase, as planilhas orçamentárias do projeto original e do projeto adequado à ABNT NBR 15575:2013 foram dispostas lado a lado em forma de planilha e foi realizada a análise de cada serviço. Inicialmente foram verificados os itens constantes no resumo orçamentário, quando este indicava uma diferença, buscava-se identificar pela planilha de orçamento sintético se esta era devido aos valores unitários, quantidades ou por novas composições de serviços. Dependendo do caso, a dúvida era sanada consultando a planilha de orçamento analítico ou a curva de insumos. A Figura 18 esquematiza a quantidade de informações que cada tipo de planilha orçamentária apresenta.

Quadro 23 - Estrutura do orçamento.

<b>Itens</b>	<b>Descrição</b>
-	<b>Bloco 6 - Torre A</b>
1	Serviços Iniciais
2	Fundação Indireta
3	Fundação Direta
4	Estrutura
5	Alvenaria
6	Esquadrias
7	Cobertura
8	Impermeabilização
9	Revestimento Interno
10	Revestimento Externo
11	Pintura
12	Instalações
13	Louças e Metais
14	Limpeza
15	Serviços Complementares

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 - Quantidade de informações conforme tipo de planilha orçamentária.



Fonte: Elaborado pelo autor.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste capítulo, são apresentados e discutidos os resultados comparativos entre os orçamentos gerados pelos levantamentos quantitativos do projeto original da tipologia estudada e do projeto com as adequações para atendimento aos requisitos da ABNT NBR 15575:2013. Os resultados estão divididos em duas partes, primeiramente são descritas as conclusões dos relatórios elaborados pelas consultorias de estrutura, térmica, acústica e lumínica e na sequência são comparados os orçamentos gerados.

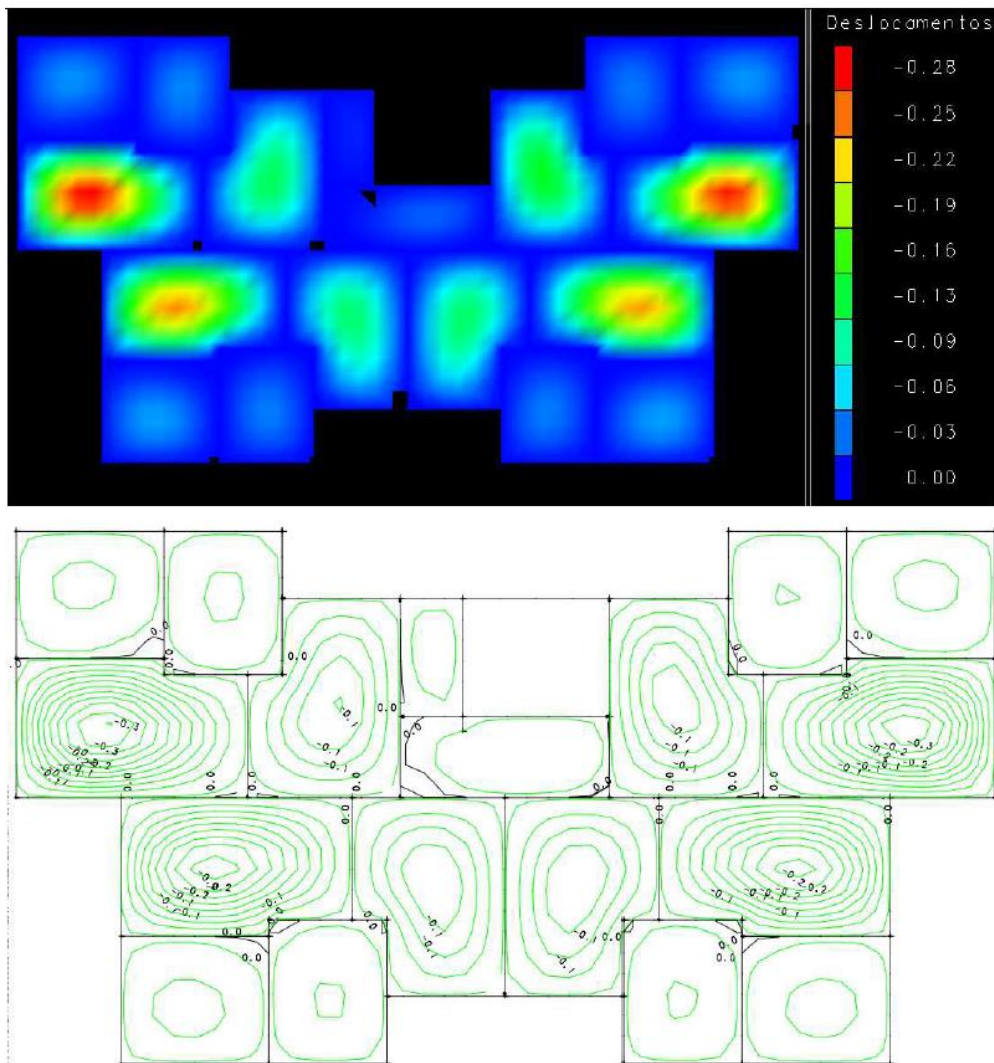
### **5.1. RESULTADOS DOS RELATÓRIOS DAS CONSULTORIAS**

Na sequência, são apresentados os resumos dos resultados dos relatórios das quatro consultorias, estrutura, térmica, acústica e lumínica.

#### **5.1.1. Resultados do relatório de auditoria de projeto estrutural**

A análise apresentada no relatório tem início com a verificação dos materiais e ações consideradas em projeto, estando todos coerentes com as normativas, Figura 19. Na sequência, verificam-se os cobrimentos dos elementos estruturais e foi apontado uma alteração para os elementos em contato com o solo, vigas baldrames, onde é aconselhado um acréscimo de 5 mm no cobrimento ou a alteração da classe do concreto de C30 para C35 devido a classificação da agressividade ambiental ser enquadrada como forte, com ambiente marinho e grande risco de deterioração da estrutura (Classe III). A construtora optou por utilizar concreto C35 nas vigas baldrames.

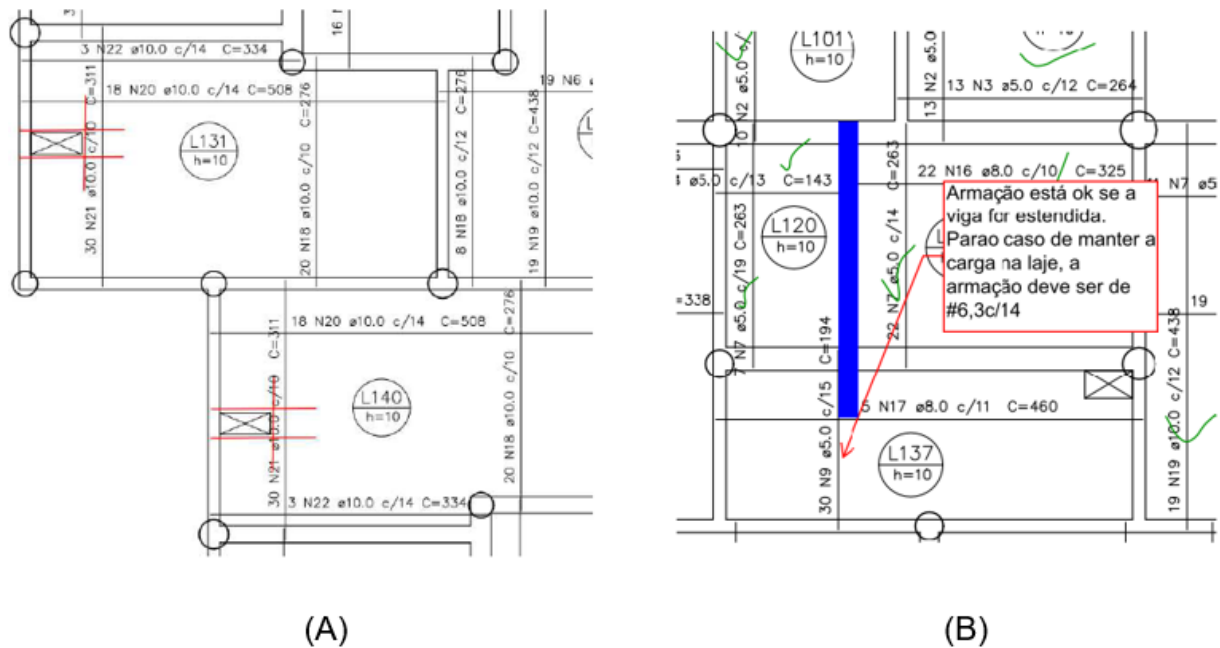
Figura 19 - Diagrama de isovalores para deformações no pavimento tipo com carregamento permanente e acidental.



Fonte: fornecido pela empresa parceira.

A solução em alvenaria estrutural de blocos de concreto foi considerada consistente e adequada pela auditoria. A modelagem mostrou que os parâmetros de estabilidade global estão dentro dos limites aceitáveis, assim como a estabilidade local dos elementos de parede. Já, para a estrutura de concreto, o relatório apontou a necessidade de complementação nas armações dos seguintes elementos: vigas baldrames, laje do térreo, reforço com armação concentrada em aberturas de shafts, acréscimo de armação negativa onde há ligação de lajes com vigas, Figura 20.

Figura 20 - Adequações ao projeto estrutural apontadas pela auditoria: (A) reforço para shats e (B) indicação de armadura negativa na laje do térreo.







Fonte: fornecido pela empresa parceira.

### 5.1.2. Resultado da avaliação para atendimento à ABNT NBR 15575:2013 para desempenho térmico

A análise pelo método de simulação computacional indicou o atendimento do empreendimento ao nível mínimo de desempenho térmico para verão requerido pela norma ABNT NBR 15575:2013. Embora os dormitórios analisados tenham alcançado temperaturas maiores que a externa, acima de  $35,1^{\circ}\text{C}$ , quando simulados novamente, considerando uma ventilação adicional de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora ( $5,0 \text{ Ren/h}$ ), o resultado foi suficiente para atingir a temperatura mínima requerida, menor ou igual a  $35,1^{\circ}\text{C}$  neste caso, Figura 21.

Com base nos resultados apresentados pela simulação computacional para avaliação do desempenho térmico da edificação, nenhuma ação para atendimento ao parâmetro de conforto térmico foi necessária. Portanto, o projeto neste quesito permaneceu igual, sem alterações no custo.

Figura 21 - Resultados da simulação para desempenho térmico da edificação estudada.

NÍVEIS DE DESEMPENHO TÉRMICO - VERÃO			
 NÃO ATENDE Verão T máxima > 35,1°C	 MÍNIMO Verão T máxima ≤ 35,1°C	 INTERMEDIÁRIO Verão T máxima ≤ 33,1°C	 SUPERIOR Verão T máxima ≤ 31,1°C
Nota: padrão de cores adotado pelo CTE para visualização dos níveis atendidos			
DESEMPENHO TÉRMICO DE VERÃO			
Tipologia	Bloco / Ambiente	Temperatura interna máxima (°C) SITUAÇÃO ORIGINAL*	Temperatura interna máxima (°C) VENTILAÇÃO 5 ren/h
Tipo 2	Bloco 2/Dormitório 1	35,5	35,0
Tipo 2	Bloco 2/Dormitório 2	35,2	34,7
Tipo 2	Bloco 2/Sala	34,3	-
Tipo 2	Bloco 3/Dormitório 1	35,5	35,0
Tipo 2	Bloco 3/Dormitório 2	35,1	-
Tipo 2	Bloco 3/Sala	34,3	-

Fonte: fornecido pela empresa parceira.

### 5.1.3. Resultado do relatório de estudo de desempenho acústico

Nos itens a seguir serão descritos os resultados do estudo estimativo de desempenho acústico para as vedações verticais externas e internas, coberturas e pisos.


#### 5.1.3.1. Vedações verticais externas e internas

Para avaliar o desempenho acústico dos sistemas, primeiramente verifica-se o enquadramento do edifício com relação ao entorno através de medições acústicas realizadas no local. Essas foram o embasamento para a modelagem das simulações do ruído incidente nas fachadas dos edifícios. Quase a totalidade dos blocos apresentaram nível máximo de ruído da ordem de 62 dB(A), inclusive o bloco em

análise 6A, portanto “Classe II de Ruídos”, devendo o nível mínimo de desempenho  $D_{2m,nTw}$  das vedações externas dos dormitórios ser maior ou igual a 25 dB.

Com os dados constantes no projeto arquitetônico inclusos no programa de simulação, concluiu-se que o empreendimento atende ao desempenho no nível mínimo previsto em norma, desde que o caixilho apresente um desempenho  $R_w \geq 22$  dB, instalado com ou sem contra marco, introduzindo-se, em todo perímetro de contato entre esquadria e alvenaria, vedação com espuma betuminosa ou silicone. Para atender a esta demanda foi necessária a alteração dos caixilhos especificados em projeto para uma linha de qualidade superior nos dormitórios, de Linha A para Linha B, Quadro 24. A Linha B com vidro liso 4mm atinge  $R_w$  23dB, segundo laudo fornecido pela empresa parceira.

Quadro 24 - Linhas A e B do fornecedor de esquadrias.

Esquadrias em alumínio - janela 2 folhas de correr 1,2m x 1,2m	
Linha A	Linha B
<p>Vista Frontal</p> 	<p>Vista Frontal</p> 
<p>Montante Central</p> 	<p>Montante Central</p> 
<p>Vidro liso 3mm</p>	<p>Vidro liso 4mm</p>

Fonte: Adaptado do catálogo de esquadrias fornecido pela empresa parceira.

Para os sistemas de vedações internas, a ABNT NBR 15575:2013 (2013c) estabelece o desempenho acústico mínimo ao ruído aéreo. Foram simulados os ambientes que geminam com outras unidades autônomas e as divisas com as áreas comuns da edificação. Em todos os casos, o projeto atendeu ao nível mínimo exigido, não resultando em alterações na especificação dos materiais.

Uma consideração importante para a simulação das unidades autônomas que fazem divisa com o hall foi a especificação das portas no projeto arquitetônico. A consultoria adotou um  $R_w$  de 20 dB para as esquadrias em madeira semioca na simulação destes ambientes, porém, ao contatar os fornecedores, não foi fornecido o laudo acústico atestando esse índice mínimo de isolamento para esse produto. No entanto, foi fornecido o laudo de portas da linha acústica, 41mm de espessura e preenchida com material de baixa densidade, onde o  $R_w$  atingido foi 23 dB.

Embora o padrão deste empreendimento não comporte essa linha atestada, não foi possível verificar se as esquadrias semiocas de 31mm de espessura atingem o índice mínimo de isolamento solicitado, por esta razão, a autora considerou as portas acústicas no orçamento adequado a ABNT NBR 15575:2013, divergindo da construtora que manteve as portas especificadas no projeto original. O Quadro 25 ilustra as diferenças entre as portas consideradas nos orçamentos do projeto original, semiocas, e do projeto adequado a ABNT NBR 15575:2013, sólida.

Quadro 25 - Componentes das esquadrias de madeira - núcleos das folhas de portas.

	
<p>Núcleo de folha de porta semioco. Sistema de colmeia.</p>	<p>Núcleo de folha de porta sólido. Sistema de aglomerado de baixa densidade.</p>

Fonte: Adaptado do catálogo do fornecedor de portas fornecido pela empresa parceira.



### 5.1.3.2. Coberturas

A avaliação do isolamento acústico da cobertura devido a sons aéreos é realizada de forma similar as vedações verticais externas. Com os dados medidos em campo e as informações constantes no projeto arquitetônico, foi realizada a simulação computacional do comportamento acústico dos dormitórios das unidades habitacionais.

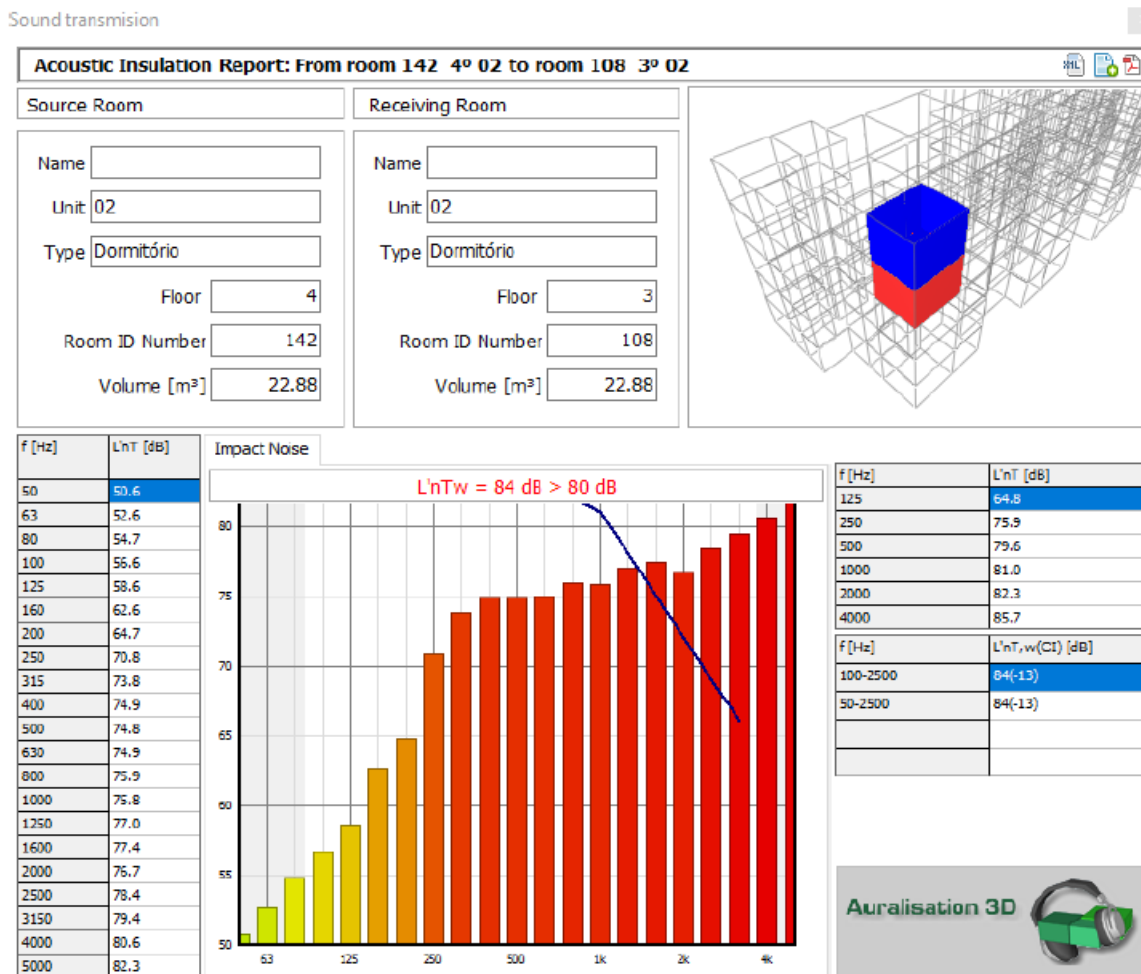
O nível de desempenho mínimo do sistema de cobertura,  $D_{2m,nT,w}$ , conforme Tabela 5 da ABNT NBR15575-5:2013, é “Classe II”, portanto deve ser maior ou igual a 25 dB. Ao realizar a simulação, o programa indicou que o conjunto fachada e cobertura atende ao nível mínimo da norma, portanto este item não gerou alteração no projeto base.

### 5.1.3.3. Pisos – ruído de impacto

A avaliação do som resultante de ruídos de impacto dos sistemas de pisos entre unidades habitacionais posicionadas em pavimentos distintos foi realizada para os dormitórios, conforme indicação da ABNT NBR 15575:2013. O valor de desempenho mínimo indicado, o  $L_{nT,w}$ , nível de pressão sonora de impacto padrão moderado, deve atingir no máximo 80 dB.

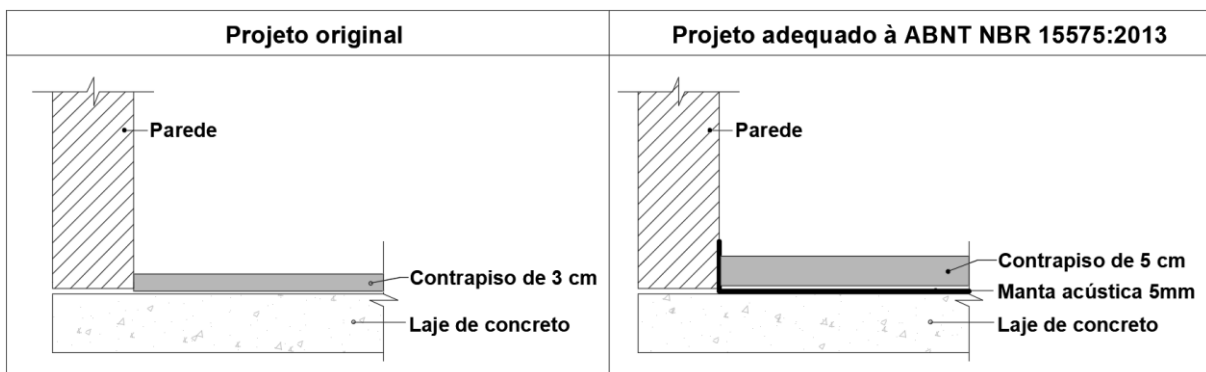
Na simulação, o sistema de piso constante em projeto não atendeu ao nível mínimo da norma, registrando  $L_{nT,w}$  estimado de 84 dB, Figura 22. Como uma das soluções para atendimento ao nível exigido, a consultoria contratada recomendou a execução de um contrapiso de argamassa com 5 cm sobre manta acústica de espessura de 5mm e  $\Delta L_w$  de 25 dB para os dormitórios. A Figura 23 ilustra a diferença entre o projeto avaliado e o recomendado pela consultoria acústica.

Figura 22 - Resultado da simulação para ruídos de impacto dos sistemas de pisos entre o terceiro e quarto pavimento.



Fonte: fornecido pela empresa parceira.

Figura 23 - Croquis esquemáticos dos contrapisos orçados.

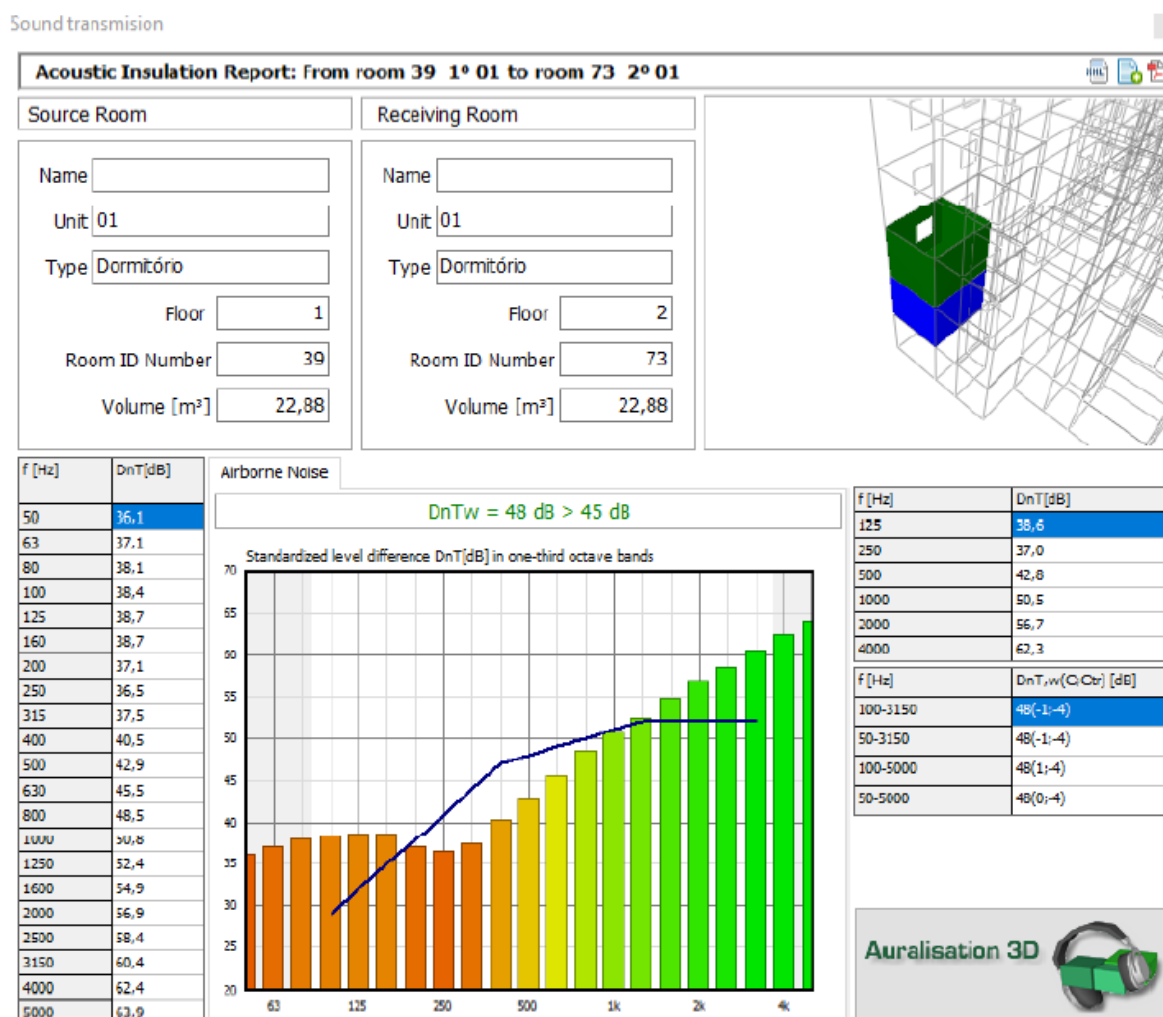


Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.3.4. Pisos – ruído aéreo

Para a avaliação do isolamento do som aéreo de ruído de uso normal e eventual, a ABNT NBR 15575-3:2013 estabelece o desempenho acústico mínimo, sendo o critério de diferença padronizada de nível ponderado entre dormitórios de 45dB e de 40dB para situações que não envolvam ambiente dormitório. Todos os ambientes atingiram o nível mínimo nesta simulação, Figura 24.

Figura 24 - Resultado da simulação para ruídos aéreos dos sistemas de pisos entre o primeiro e segundo pavimento.



Fonte: fornecido pela empresa parceira.

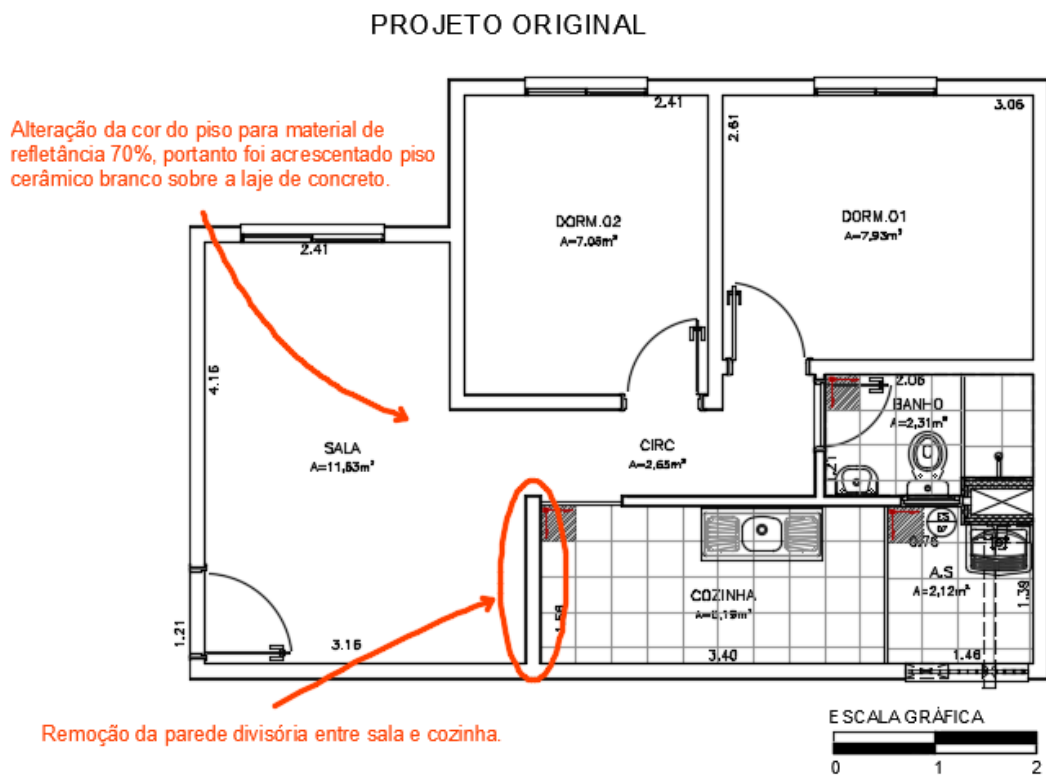
#### **5.1.4. Resultado da avaliação para atendimento à ABNT NBR 15575:2013 para desempenho lumínico**

A análise de desempenho lumínico realizada pela consultoria empregou os parâmetros de entrada constantes no projeto arquitetônico do empreendimento e apontou como resultado baixos níveis de iluminância nas salas e cozinhas indicando a necessidade de um ajuste no projeto original. As medidas adotadas para atendimento aos requisitos de desempenho lumínico foram as seguintes:

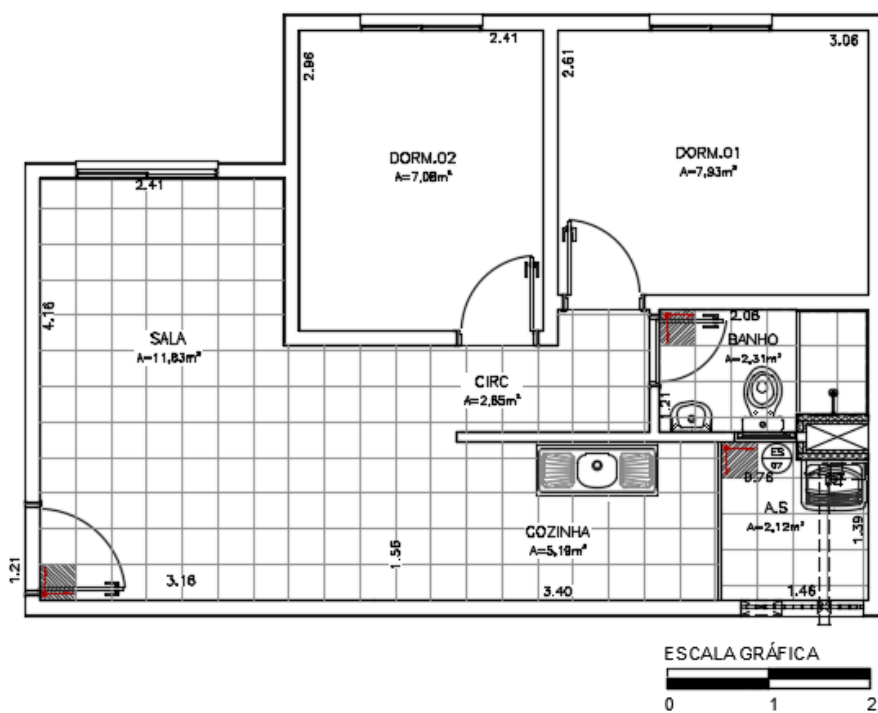
- remoção da parede entre cozinha e sala das unidades;
- alteração da cor do piso a ser entregue, este deve ser branco (refletância 70%) e
- alteração da cor da fachada dos blocos para cores claras (refletância 60%).

A remoção de paredes reduziu em 4,26% a quantidade de área de alvenaria a ser executada e conseqüentemente provocou uma redução nos revestimentos e pinturas dessas paredes. Essa modificação está ilustrada na Figura 25, onde também é indicada a adequação da cor do piso da unidade habitacional. As cores das fachadas são exemplificadas pelas Figuras 26 e 27. A alteração para uma paleta mais clara justifica-se pelo aumento da refletância das cores utilizadas, demonstradas na Tabela 1.

Figura 25 - Comparação entre as plantas das unidades do projeto original e do projeto adequada à ABNT NBR 15575:2013 após consultoria lumínica.



**PROJETO ADEQUADO À ABNT NBR 15575:2013**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 26 - Imagem ilustrativa da fachada com as cores do projeto original.



Fonte: fornecido pela empresa parceira.

Figura 27 - Imagem ilustrativa da fachada com cores sugeridas pela consultoria.



Fonte: fornecido pela empresa parceira.

Tabela 1 – Medidas de refletância para cores de tintas.

Tinta Látex Acrílico	Cor	Refletância (%)
Cores do projeto original	Telha	40
	Areia	55
	Gelo	59
Cores sugeridas	Mel	63
	Palha	64
	Marfim	73

Fonte: Adaptado de Castro *et al.*, 2008.

## 5.2. COMPARATIVO DE CUSTOS

A partir das análises individuais de cada projeto, original e adaptado para melhoria do desempenho, têm-se como resultado os conjuntos de planilhas dos orçamentos analíticos respectivos. A comparação será demonstrada pelos dados sintetizados no resumo orçamentário, Tabela 2, e as análises serão desenvolvidas conforme a ordem dos serviços listados.

Tabela 2 - Comparativo entre resumos orçamentários.

Itens	Descrição	Projeto Original	Projeto NBR 15575	Comparativo		
		Custo Total	Custo Total	Custo Total	Custo Unitário	Peso
		R\$	R\$	R\$	R\$/m <sup>2</sup>	%
-	Bloco 6 - Torre A	1.164.088,04	1.196.145,54	32.057,50	31,56	2,75%
1	Serviços Iniciais	2.527,80	2.527,80	-	-	-
2	Fundação Indireta	35.545,63	35.545,63	-	-	-
3	Fundação Direta	71.260,33	75.621,38	4.361,05	4,29	0,37%
4	Estrutura	23.767,10	124.885,04	1.117,94	1,10	0,10%
5	Alvenaria	1.717,48	176.610,66	(5.106,82)	(5,03)	-0,44%
6	Esquadrias	101.793,94	113.919,77	12.125,83	11,94	1,04%
7	Cobertura	26.068,78	26.068,78	-	-	-
8	Impermeabilização	37.525,81	37.525,81	-	-	-
9	Revestimento Interno	167.013,39	188.971,86	21.958,47	21,62	1,89%
10	Revestimento Externo	10.389,02	110.389,02	-	-	-
11	Pintura	71.078,91	68.679,94	(2.398,97)	(2,36)	-0,21%
12	Instalações	194.024,86	194.024,86	-	-	-
13	Louças e Metais	35.219,59	35.219,59	-	-	-
14	Limpeza	3.931,20	3.931,20	-	-	-
15	Serviços Complementares	2.224,20	2.224,20	-	-	-

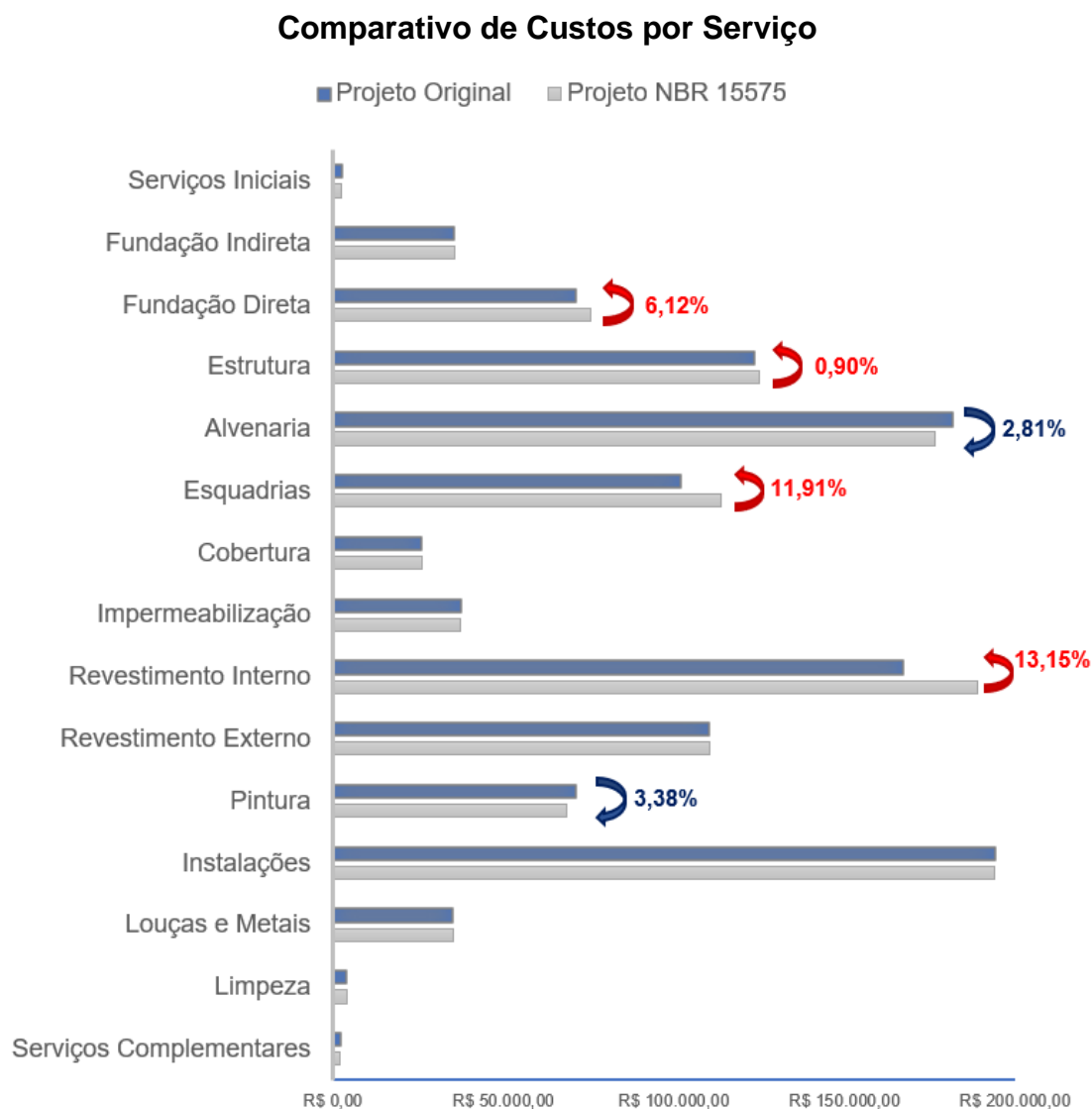
Nota: Base dos valores INCC-M ago/2020 – Rio de Janeiro.  
Área da edificação de 1.015,79 m<sup>2</sup>.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No total, a variação no custo de um empreendimento ao implementar os parâmetros mínimos da ABNT NBR 15575:2013, nas áreas estrutural, térmica, lumínica e acústica nos elementos e sistemas construtivos foi de 2,75% sobre o custo direto de construção do empreendimento. A diferença no custo unitário para esta tipologia de cinco pavimentos e área total de 1015,79 m<sup>2</sup> é de R\$ 31,56, com data base para os valores orçados de agosto de 2020, banco de insumos Rio de Janeiro.

A Figura 28 demonstra as variações nos serviços, pelo valor do item e não pelo total da obra, e destaca que nem todas as alterações projetuais oneraram o custo de construção do edifício. Os índices gerados em um comparativo por serviço podem ser utilizados para balizar novas contratações. Ao orçar um conjunto de esquadrias, por exemplo, admite-se que o produto que atenda as exigências mínimas requeridas, tenha um valor 11,91% maior que os valores anteriormente orçados.

Figura 28 - Comparativo de custos por serviço



Fonte: Elaborado pelo autor.



Os serviços iniciais e a fundação indireta não sofreram nenhuma alteração de projeto porque são compostos dos itens de marcação de obra e fundações profundas em estacas tipo hélice contínua, elementos não analisados pela consultoria de estruturas que auditou os projetos de fundações diretas, estrutura e alvenaria. Nas fundações, o conjunto das vigas baldrames e laje de piso, elementos que ficam em contato com o solo, sofreu a alteração da especificação do concreto de 30 Mpa para 35 Mpa para uma melhor proteção das armaduras, correspondendo a um acréscimo de 0,03% no custo de construção. A revisão das armaduras para estes mesmo elementos resultou em um acréscimo de 0,35%, totalizando 0,38% a mais no custo de construção e 6,12% para os serviços de fundações diretas.

A estrutura apresentou um acréscimo de 0,90% no valor do serviço, que representa 0,10% no custo de construção. As alterações foram na quantidade de aço, pois a consultoria apontou a inclusão de armação negativa sobre as lajes, reforço nos shafts, aumento dos transpasses entre barras e no diâmetro da armadura de alguns elementos. Após a revisão realizada pela auditoria estrutural, o total de aço da edificação aumentou 723,94 kg o que representa 7,44% do total deste insumo, Tabela 3, o acréscimo no custo de construção considerando apenas as composições com aço foi de 0,32%.

Tabela 3 - Comparativo de quantidade e valor de aço entre os projetos analisados.

Comparativo de quantidade de aço	Original		Pós-auditoria	
	Quantidade (kg)	Valor (R\$)	Quantidade (kg)	Valor (R\$)
ACO CA-60, 5,0 MM, VERGALHAO	2.253,59	12.214,46	2.255,41	12.224,32
ACO CA-25, 10 MM, VERGALHAO	1.701,63	8.457,10	1.701,63	8.457,10
ACO CA-50, 10 MM, VERGALHAO	1.371,35	7.981,25	1.366,24	7.951,54
ACO CA-25, 12,5 MM, VERGALHAO	1.349,76	6.748,80	1.349,76	6.748,80
ACO CA-50, 6,3 MM, VERGALHAO	1.145,11	7.031,00	1.159,52	7.119,43
ACO CA-50, 16 MM, VERGALHAO	730,26	3.790,04	936,26	4.859,20
ACO CA-50, 8,0 MM, VERGALHAO	440,38	2.717,15	491,08	3.029,93
ACO CA-50, 12,5 MM, VERGALHAO	269,14	1.396,85	502,02	2.605,48
ACO CA-25, 6,3 MM, VERGALHAO	163,71	875,85	163,71	875,85
ACO CA-50, 20 MM, VERGALHAO	120,84	586,07	344,09	1.668,82
ACO CA-50, 25 MM, VERGALHAO	94,06	527,68	94,06	527,68
ACO CA-25, 16 MM, VERGALHAO	82,14	410,70	82,14	410,70
ACO CA-60, 4,2 MM, VERGALHAO	2,77	15,04	2,77	15,04
<b>Total</b>	<b>9.724,75</b>	<b>52.751,99</b>	<b>10.448,69</b>	<b>56.493,89</b>
<b>Diferença</b>			<b>723,94</b>	<b>3.741,90</b>
<b>Diferença (%)</b>			<b>7,44%</b>	<b>7,09%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já a alvenaria estrutural passou por uma redução no quantitativo devido a orientação de retirada de parte da parede que separa a sala da cozinha da unidade habitacional dada pela consultoria para desempenho lumínico. Essa alteração reduziu 85,80 m<sup>2</sup> de alvenaria da edificação o que representa 4,26% da quantidade total deste serviço e 0,44% de economia com relação ao projeto original. Essa adequação de projeto também gerou economia nos serviços de revestimento e pintura.

Para que os dormitórios atendessem ao critério mínimo requerido para desempenho acústico, foi necessária a alteração da linha especificada para as esquadrias desta dependência. Originalmente, o valor do metro quadrado para essa janela era R\$ 271,84/m<sup>2</sup>, com a mudança de especificação passou a R\$ 318,27/m<sup>2</sup>, um aumento de 17,08% neste elemento e que representou 0,48% de acréscimo no custo de construção.

As esquadrias de madeira também necessitaram de uma mudança de especificação devido aos critérios de desempenho acústico. Anteriormente, foi considerado o modelo de porta com 3,5 cm de espessura e preenchimento semioco para as entradas das unidades. Após a análise da consultoria, o modelo com 4,5 cm de espessura e núcleo preenchido com aglomerado de baixa densidade se mostrou mais adequado. A alteração representou um aumento de 68,18% no valor unitário da porta e um total de 0,56% no custo de construção.

O trabalho realizado por Bueno *et al.* (2019), que verificou as condições de desempenho acústico de um projeto de habitação de interesse social, também identificou o não atendimento ao desempenho mínimo devido aos sistemas de vedações verticais, apontando problemas de isolamento nos elementos externos, janelas dos dormitórios, e internos, portas de entrada das unidades habitacionais.

Assim como neste trabalho, foram propostas a troca dos materiais desses elementos e calculadas as estimativas de custos dessas adequações. Bueno *et al.* (2019) aplicaram a substituição dos vidros das esquadrias, que representou um acréscimo de 0,031% no custo de construção, e as portas passaram de madeira semioca para aço com interior em lã mineral, ampliando em 0,44% o custo da edificação, índice não muito distante ao 0,56% encontrado nesta dissertação.

Dando continuidade à análise dos itens orçamentários, os serviços de cobertura e impermeabilização não foram afetados pela avaliação dos consultores. Embora a primeira simulação para desempenho térmico tenha indicado o não atendimento para

a temperatura interna máxima dos dormitórios do último pavimento, condição crítica indicada pela norma, quando simulado novamente com a consideração de uma ventilação adicional (5 ren/h), o ambiente já alcança a temperatura requerida, não necessitando assim, de ajuste nos materiais e acabamentos especificados para a cobertura e demais itens da envoltória do dormitório.

O revestimento interno foi o serviço com mais indicações de mudanças em suas especificações, como resultado final, sofreu um acréscimo de 1,89% em seu custo, porém é importante verificar como cada avaliação para desempenho influenciou nessas alterações. Iniciando pelo revestimento de parede, a remoção de parte da parede entre a sala e cozinha resultou na redução da quantidade de gesso desempenado aplicado em paredes, uma diminuição de 0,33% no custo da torre.

Já, no item pavimentação, em substituição ao contrapiso de 3 cm em argamassa considerado no orçamento do projeto original, foi incluso um contrapiso, também em argamassa, de 5 cm sobre manta acústica, espessura de 5 mm e  $\Delta L_w$  de 25 dB, nos dormitórios das unidades habitacionais, que incorreu em um acréscimo 1,08% no custo da edificação. Nienkoetter *et al.* (2014), em seu trabalho, encontraram índices de 0,73% e 0,78% para aplicação de mantas com características similares em uma edificação padrão PIS, sem o acréscimo de 2 cm de contrapiso em argamassa. O restante da habitação manteve as regularizações de pisos anteriormente aplicadas.

O revestimento cerâmico especificado para o piso da cozinha, já atendia ao nível de reflectância requerida pela consultoria para atendimento aos critérios lumínicos, acima de 70%, porém a sala, no projeto original, consta como entregue aos clientes apenas com a regularização em contrapiso de argamassa. A cor cinza deste contrapiso não reflete luz natural suficiente para que a sala, em conjunto com a cozinha, atenda aos critérios requeridos. Por esta razão, a sala também recebeu o revestimento de piso cerâmico branco, especificado para a cozinha, alteração que dobrou o valor orçado para pisos cerâmicos, 101,92%, e representou um aumento de 1,13% no custo da edificação

O revestimento externo não apresentou variação, embora a consultoria para atendimento ao desempenho lumínico tenha indicado a substituição da cor da fachada para tons mais claros, reflectância 60%, o fornecedor do revestimento em monocamada pratica os mesmos valores para diferentes tonalidades do revestimento decorativo. Portanto, a especificação da cor foi modificada sem incorrer em alteração no custo.

A pintura passou pela mesma redução do quantitativo, 171,60m<sup>2</sup>, já indicado no revestimento em gesso desempenado para paredes, representando uma diminuição de 0,21% no custo da edificação. Já os demais serviços do orçamento não foram afetados pelos relatórios das consultorias, são eles instalações, louças, metais, limpeza e os serviços complementares da torre que incluem a comunicação visual da edificação.

Embora a consultoria para atendimento ao desempenho acústico tenha apontado melhorias que poderiam ser realizadas para atenuação dos ruídos gerados pelos equipamentos prediais, como o tratamento de ramais de esgoto, ralos sifonados, shafts e dutos comuns aos banhos, por não ter caráter obrigatório para o atendimento ao nível mínimo de desempenho acústico da ABNT NBR 15575:2013, a construtora optou por não incluir estas intervenções no projeto. Por esta razão, os serviços de instalações não variaram de um projeto para outro.

Também foi analisada a representatividade das modificações indicadas por cada relatório sobre o custo de construção do projeto que busca atender a ABNT NBR 15575:2013, Tabela 4. O relatório de consultoria acústica foi o que mais influenciou na variação do custo de construção, com um acréscimo de 2,13%, seguido pelas adequações estruturais com 0,47%, as adequações lumínicas com 0,16%, e, por fim, o relatório da consultoria para conforto térmico que não indicou nenhuma modificação.

Tabela 4 - Custo das adequações por consultoria.

<b>Consultoria</b>	<b>Custo das adequações</b>	<b>Percentual sobre custo de construção</b>
Estrutural	R\$ 5.478,99	0,47%
Térmica	R\$ -	0,00%
Acústica	R\$ 24.752,70	2,13%
Lumínica	R\$ 1.825,81	0,16%
<b>Total</b>	<b>R\$ 32.057,50</b>	<b>2,75%</b>

Nota: Base dos valores INCC-M ago/2020, Rio de Janeiro.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa maior necessidade de melhorias de projeto para conforto acústico, vem ao encontro do trabalho de percepção do usuário para conforto ambiental realizado por Villa, Saramago e Garcia (2015), onde o desempenho acústico apresentou os

maiores índices de insatisfação dos moradores em empreendimento com planta e sistema construtivo muito similar ao desta dissertação. Sendo que esta parcela de contribuição poderia ser ainda mais significativa se fossem inclusas as melhorias para atenuação de ruídos dos equipamentos prediais.

O mesmo trabalho indicou insatisfação na percepção de conforto térmico dos usuários, principalmente nas unidades com aberturas voltadas para o oeste. Embora a consultoria tenha indicado conformidade com a ABNT NBR 15575:2013 para desempenho térmico, um dormitório com temperaturas na faixa dos 35 °C não apresenta conforto aos ocupantes deste recinto, embasando a afirmação que este empreendimento sofreria a mesma classificação por seus ocupantes.

Com relação a auditoria estrutural, inicialmente, ainda na fase de levantamento quantitativo, especulou-se que seu impacto seria mais significativo pois o total em peso (kg) de aço aumentou em 10,07% do projeto original, conforme Tabela 5. Porém, como muitas barras tiveram seus diâmetros aumentados, ocasionou a redução do valor do aço médio do empreendimento, pois quanto maior a bitola, menor o custo unitário do vergalhão de aço, representando um acréscimo de 7,09% no valor total de aço e 0,32% no custo do empreendimento.

Já o relatório para adequação do projeto para atendimento ao desempenho lumínico representou um aumento de 0,16% no custo de construção. Isto devido a retirada de paredes que ocasionou redução de serviços de alvenaria, revestimento e pintura, além do fato dos fornecedores de revestimento em monocamada não diferenciaram o valor para uma determinada tabela de cores. O único item que variou o valor para maior foi o revestimento cerâmico acrescentado nas salas das unidades habitacionais.

A análise das alterações de custo devido às adequações também foi realizada por requisito da ABNT NBR 15575:2013 e está exposta no Quadro 26, onde o resumo orçamentário, gerado até o nível 2, abre os serviços que compõem cada item. Apresentados desta maneira, fica clara a identificação, não apenas da variação de valores, mas também sobre quais composições de serviços os requisitos foram aplicados.

O requisito acústico de ruído de impacto em sistema de pisos foi o que representou a maior variação em um único serviço, 1,08% do total do custo de construção em regularização de piso. Já o requisito lumínico de iluminação natural foi

o que mais serviços demandou para sua adequação, foram alvenaria estrutural, piso cerâmico, revestimento de parede e pintura.

Tabela 5 - Comparativo de quantidade de aço entre projetos.

<b>Orçamento Sintético</b>		<b>Original</b>	<b>Pós-auditoria</b>
<b>Comparativo de quantidade de aço</b>		<b>Original</b>	<b>Pós-auditoria</b>
<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	
<b>Fundações</b>			
<b>Vigas baldrame</b>			
ARMAÇÃO DE VIGA BALDRAME - AÇO CA-60 DE 5,0 MM	KG	58,79	56,12
ARMAÇÃO DE VIGA BALDRAME - AÇO CA-50 DE 6,3 MM	KG	117,02	125,14
ARMAÇÃO DE VIGA BALDRAME - AÇO CA-50 DE 8,0MM	KG	235,27	260,56
ARMAÇÃO DE VIGA BALDRAME - AÇO CA-50 DE 10,0 MM	KG	369,84	362,27
ARMAÇÃO DE VIGA BALDRAME - AÇO CA-50 DE 12,5 MM	KG	242,47	297,86
ARMAÇÃO DE VIGA BALDRAME - AÇO CA-50 DE 16,0 MM	KG	657,89	843,48
ARMAÇÃO DE VIGA BALDRAME - AÇO CA-50 DE 20,0 MM	KG	106	283,38
ARMAÇÃO DE VIGA BALDRAME - AÇO CA-50 DE 25,0 MM	KG	82,51	82,51
<b>Laje de piso</b>			
ARMAÇÃO DE LAJE - AÇO CA-60 DE 5,0 MM	KG	215,47	206,84
ARMAÇÃO DE LAJE - AÇO CA-50 DE 6,3 MM	KG	144,9	162,88
ARMAÇÃO DE LAJE - AÇO CA-50 DE 8,0 MM	KG	161,47	161,47
ARMAÇÃO DE LAJE - AÇO CA-50 DE 10,0 MM	KG	821,54	824,51
ARMAÇÃO DE LAJE - AÇO CA-50 DE 12,5 MM	KG		25,09
ARMAÇÃO DE LAJE - AÇO CA-50 DE 20,0 MM	KG		18,45
<b>Estrutura</b>			
<b>Lajes</b>			
ARMAÇÃO DE LAJE - AÇO CA-60 DE 5,0 MM	KG	1831,9	1844,9
ARMAÇÃO DE LAJE - AÇO CA-50 DE 6,3 MM	KG	808,28	795,64
ARMAÇÃO DE LAJE - AÇO CA-50 DE 8,0 MM	KG		20,38
ARMAÇÃO DE LAJE - AÇO CA-50 DE 10,0 MM	KG	44,07	44,07
ARMAÇÃO DE LAJE - AÇO CA-50 DE 12,5 MM	KG		129,32
ARMAÇÃO DE LAJE - AÇO CA-50 DE 10,0 MM	KG	529	529
<b>Total</b>	<b>KG</b>	<b>6.426,42</b>	<b>7.073,87</b>
<b>Diferença</b>	<b>KG</b>		<b>647,45</b>
<b>Diferença (%)</b>			<b>10,07%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 26 - Resumo orçamentário comparativo com requisitos da ABNT NBR 15575:2013.

Comparativo entre orçamentos e requisitos da ABNT NBR 15575:2013						
Item	Descrição	Diferença R\$	Peso %	Desempenho	Requisito	ABNT NBR 15575:2013
	<b>Bloco 6 - Torre A</b>	<b>32.057,50</b>	<b>2,75%</b>			
<b>1</b>	<b>Serviços Iniciais</b>	-	-			
<b>2</b>	<b>Fundação Indireta</b>	-	-			
<b>3</b>	<b>Fundação Direta</b>	<b>4.361,05</b>	<b>0,37%</b>			
3.1	Serviços Preliminares	-	-			
3.2	Vigas Baldrame	3.662,23	0,31%	<b>Estrutural</b>	Estabilidade e resistência estrutural;	Parte 1 - item 7.2 e Parte 2 - item 7.2
3.3	Laje de Piso	698,82	0,06%	<b>Estrutural</b>	Deformações, fissurações;	Parte 1 - item 7.3 e Parte 2 - item 7.2
<b>4</b>	<b>Estrutura</b>	<b>1.117,94</b>	<b>0,10%</b>			
4.1	Lajes	1.117,94	0,10%	<b>Estrutural</b>	Deformações, fissurações;	Parte 1 - item 7.3 e Parte 2 - item 7.2
4.2	Escadas	-	-			
<b>5</b>	<b>Alvenaria</b>	<b>(5.106,82)</b>	<b>-0,44%</b>			
5.1	Alvenaria Estrutural	(5.106,82)	-0,44%	<b>Lumínico</b>	Iluminação natural.	Parte 1 - item 13.2
5.2	Paredes de Vedação	-	-			
<b>6</b>	<b>Esquadrias</b>	<b>12.125,83</b>	<b>1,04%</b>			
6.1	Esquadrias e Peças de Ferro	-	-			
6.2	Esquadrias de Alumínio	5.605,03	0,48%	<b>Acústico</b>	Isolação acústica de vedações externas – SVV;	Parte 1 - item 12.2 e Parte 4 - item 12.3
6.3	Esquadrias de Madeira	6.520,80	0,56%	<b>Acústico</b>	Isolação acústica entre ambientes – SVV;	Parte 1 - item 12.3 e Parte 4 - item 12.3
<b>7</b>	<b>Cobertura</b>	-	-			
<b>8</b>	<b>Impermeabilização</b>	-	-			
<b>9</b>	<b>Revestimento Interno</b>	<b>21.958,47</b>	<b>1,89%</b>			
9.1	Regularização de Piso	12.626,87	1,08%	<b>Acústico</b>	Ruído de impacto em sistema de pisos;	Parte 1 - item 12.4 e Parte 3 - item 12.3
9.2	Piso Cerâmico	13.169,30	1,13%	<b>Lumínico</b>	Iluminação natural.	Parte 1 - item 13.2
9.3	Acabamentos	-	-			
9.4	Forro de Gesso	-	-			
9.5	Revestimento Parede	(3.837,70)	-0,33%	<b>Lumínico</b>	Iluminação natural.	Parte 1 - item 13.2
<b>10</b>	<b>Revestimento Externo</b>	-	-			
<b>11</b>	<b>Pintura</b>	<b>(2.398,97)</b>	<b>-0,21%</b>	<b>Lumínico</b>	Iluminação natural.	Parte 1 - item 13.2
<b>12</b>	<b>Instalações</b>	-	-			
<b>13</b>	<b>Louças e Metais</b>	-	-			
<b>14</b>	<b>Limpeza</b>	-	-			
<b>15</b>	<b>Serviços Complementares</b>	-	-			

Nota: Valor total do custo de construção do projeto original R\$ 1.164.088,04.

Base dos valores INCC-M ago/2020, Rio de Janeiro.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.3. COMPARATIVO POR BANCO DE DADOS

O trabalho de levantamento quantitativo e transposição do orçamento original para a base SINAPI iniciou-se no ano de 2019. Por esta razão, originalmente os orçamentos apresentados tinham data base de março de 2019, porém, para manter a pesquisa atualizada, foi necessário revisar a data do banco de insumos para a última versão disponibilizada até a conclusão desta dissertação, no caso, agosto de 2020.

A utilização do software OrçaFascio possibilitou a atualização dos insumos para agosto de 2020, assim como a revisão das composições utilizadas. As cotações específicas para esquadrias de alumínio e madeira foram solicitadas novamente aos fornecedores que prontamente atualizaram suas propostas, possibilitando a adoção da nova data base.

Desta forma, foi possível também comparar o custo das adequações para o desempenho entre duas datas base, com intervalo de 17 meses entre as mesmas, que apresentaram uma diferença de 0,15% nos custos das diferenças para adequação à ABNT NBR 15575:2013. As mudanças mais significativas ocorreram nos itens de revestimento interno, 0,13%, seguido pelas esquadrias, 0,04%.

A explicação para estas diferenças está no fato de que cada insumo tem sua variação individual, por diversos motivos como disponibilidade e concorrência, por exemplo. Se o insumo utilizado para compor o serviço relativo à adequação para desempenho variar mais que a média dos demais insumos, a parcela relativa a este serviço será mais representativa. Foi o que aconteceu com os revestimentos internos, o valor do revestimento cerâmico para piso reajustou em 35% enquanto a variação da obra como um todo reajustou 2,82% no período.

O software OrçaFascio também disponibiliza outros recursos de transposição de banco de dados, onde é possível incluir diferentes bases de composições, além da SINAPI, e permite alterar a localidade de um orçamento já existente. Utilizando desta facilidade, foram gerados orçamentos com base SINAPI para cada região do Brasil. Para isto, foram utilizados os seguintes estados como representantes, além de Rio de Janeiro, utilizado neste trabalho: Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia, Amazonas e Distrito Federal. Na sequência, foram calculadas as diferenças entre os totais para o projeto original e projeto adequado à ABNT NBR 15575:2013 para cada localidade, Tabela 6.



Tabela 6 - Diferença no custo para adequação à ABNT NBR 15575:2013 em diferentes estados.

<b>Região</b>	<b>Estado</b>	<b>Diferença (%)</b>
Sul	Rio Grande do Sul	2,31%
Sudeste	Rio de Janeiro	2,75%
Sudeste	São Paulo	2,44%
Centro-oeste	Distrito Federal	2,33%
Nordeste	Bahia	2,50%
Norte	Amazonas	2,54%

Nota: Base dos valores INCC-M ago/2020.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O estado do Rio Grande do Sul e o Distrito Federal foram os que apresentaram menores diferenças no comparativo entre projetos, 2,31% e 2,33%, respectivamente. Enquanto o Rio de Janeiro e Amazonas foram os mais impactados, 2,75% e 2,54%. Cada localidade tem suas particularidades para compras de insumos e contratações de serviços, portanto se o serviço necessário à adequação do projeto for mais oneroso em um estado, este apresentará um impacto maior na comparação dos custos.



## 6. CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho, buscou-se demonstrar a variação no custo de construção de um empreendimento ao incorporar os parâmetros mínimos da ABNT NBR 15575:2013, nas áreas estrutural, térmica, lumínica e acústica nos elementos e sistemas construtivos de uma edificação de cinco pavimentos padrão PIS. Identificando a ordem de grandeza percentual desta variação e gerando índices aplicáveis aos custos diretos totais e por serviço de construções do mesmo padrão.

Os resultados alcançados neste trabalho, ainda que não conclusivos e limitados pela análise de um único empreendimento, podem servir de referencial, tanto para elaboração de orçamentos estimativos, como para auxiliar empresas e projetistas a balizarem os custos sobre as decisões de projeto para empreendimentos deste segmento, através da aplicação dos índices percentuais relativos à melhoria de desempenho da habitação.

Como resultado, foi observado um aumento no custo direto da edificação de 2,75%, para base de composições de agosto de 2020, estado do Rio de Janeiro. O que inicialmente pode ser avaliado como um fator negativo à implementação do conceito de desempenho às edificações, porém, quando considerada a melhoria na eficiência e durabilidade dos elementos e sistemas construtivos, seu reflexo no custo global pode ser pouco relevante ou até significar uma economia ao usuário, como a redução do uso de sistemas de climatizadores artificiais quando a envoltória da edificação apresenta uma adequada eficiência energética, por exemplo.

Os objetivos específicos deste estudo formaram as etapas necessárias para compor este índice de variação. O primeiro, listado no item 1.1.2 deste trabalho, consistiu na avaliação dos relatórios das consultorias técnicas, onde foi possível identificar os elementos e sistemas que atendiam e não atendiam aos parâmetros mínimos da ABNT NBR 15575:2013 para as áreas estrutural, térmica, lumínica e acústica. Foram indicadas adequações ao projeto pelos consultores, em casos, em que havia mais de uma possibilidade técnica de solucionar a não conformidade, a construtora avaliou qual melhor atendia ao seu produto e aplicou ao novo projeto.

Com os projetos e documentos disponibilizados pela construtora foi possível elaborar um orçamento, com base SINAPI, para os projetos concebidos anteriormente à vigência da ABNT NBR 15575:2013 e, com as alterações apontadas nos relatórios das consultorias nas áreas de estrutura, acústica, lumínica e térmica, elaborar uma

nova versão do orçamento atendendo a esses requisitos. A comparação entre estes dois orçamentos e a identificação dos coeficientes de variação de custo para os serviços afetados foram a sequência dos objetivos específicos propostos.

Nessas avaliações foram constatados os serviços mais impactados pelas adequações, esquadrias e revestimento interno, com 1,04% e 1,89% de acréscimo ao custo total da edificação, respectivamente. A consultoria acústica foi a que mais apontou necessidades de melhorias que provocaram aumento no custo da edificação, representando 2,13% das variações, seguida pela consultoria estrutural, 0,47%, a consultoria lumínica, 0,16%, e a consultoria térmica, que não apontou não conformidades.

Para a conclusão dos objetivos específicos, foram comparadas as variações de custo total da obra ao aplicar as adequações à ABNT NBR 15575:2013 para diferentes regiões brasileiras através da alteração da base de insumos e composições utilizadas nos orçamentos iniciais. Os resultados variaram de 2,31% de acréscimo ao valor do projeto original para a região sul, representada pelo Rio Grande do Sul, à 2,75% para região sudeste, no estado do Rio de Janeiro, sendo que, para esta mesma região, há 2,44% de acréscimo no estado de São Paulo.

Por fim, esta pesquisa teve o intuito de contribuir para ampliação de dados sobre os custos de construção em empreendimentos após a vigência da ABNT NBR 15575:2013. Ao esclarecer o real impacto no custo inicial das edificações, busca-se estimular incorporadores a adequarem seus projetos e conscientizar usuários sobre os benefícios destas alterações frente a diferença no valor inicial do imóvel.

Para dar continuidade aos estudos realizados e fomentar um banco de dados de índices sobre o tema, são sugeridos o desenvolvimento dos seguintes trabalhos:

- avaliar o impacto no custo de construção para atendimento aos demais requisitos da ABNT NBR 15575:2013, não avaliados neste trabalho;
- avaliar o impacto nos custos de construção ao implementar a ABNT NBR 15575:2013 para outras tipologias de projetos;
- avaliar o impacto nos custos de construção ao implementar os diferentes níveis de atendimento à ABNT NBR 15575:2013 em uma edificação (intermediário e superior);
- avaliar o impacto no custo global de construção, através da análise do aumento da vida útil para os elementos e sistemas da edificação.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:2003 - Desempenho Térmico de Edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, Brasil, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 15215:2005 - Iluminação Natural.** Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 12721:2006 - Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios - Procedimento.** Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR 5674:2012 - Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção.** Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1: 2013 Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, Brasil, 2013a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-2: 2013 - Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais.** Rio de Janeiro, Brasil, 2013b.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-3: 2013 - Edificações Habitacionais — Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos.** Rio de Janeiro, Brasil, 2013c.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-4: 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE.** Rio de Janeiro, Brasil, 2013d.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-5: 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, Brasil, 2013e.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos.** Rio de Janeiro, Brasil, 2014a.

\_\_\_\_\_. **NBR 14037:2011 - Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações - Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos.** Rio de Janeiro, Brasil, 2014b.

\_\_\_\_\_. **NBR 10152:2017 Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações.** Rio de Janeiro, Brasil, 2017.

AMANCIO, R. C. A.; FABRICIO, M. M.; MITIDIERI FILHO, C. V. Avaliações Técnicas De Produtos De Construção Inovadores No Brasil. **Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)**, p. 2–7, 2012.

ARAÚJO, M. B.; REBOLEDO, A. Análise comparativa de orçamentos de custos: um estudo de caso. **Sinergia**, v. 19, n. 2, p. 106–114, 2018.

ASBEA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. **Guia para Arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575**. 1. ed. São Paulo: Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil, 2013.

BLACHERE, G. **Saber construir: habitabilidad, durabilidad, economía de los edificios**. 2. ed. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1967.

BOLINA, F. et al. **Recomendações de Projeto para Elementos Estruturais Enterrados Segundo as Exigências de Desempenho Superior da Norma ABNT NBR 15575 : 2013**. Anais do 56º Congresso Brasileiro do Concreto. **Anais...Natal**: 2014

BORGES, C. A. M.; SABBATINI, F. H. O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, p. 19, 2008.

BRASIL. **Decreto nº 7983, de 8 de abril de 2013** Brasil, 2013. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2013/Decreto/D7983.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Decreto/D7983.htm)>

\_\_\_\_\_. **Código de defesa do consumidor**. 2. ed. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2017.

\_\_\_\_\_. **Portaria nº 660, de 14 de novembro de 2018** Brasília, Brasil, 2018.

\_\_\_\_\_. **Governo Federal garante investimentos para continuidade do Minha Casa, Minha Vida**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/cidadania-e-inclusao/2019/04/governo-federal-garante-investimentos-para-continuidade-do-minha-casa-minha-vida>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

BUENO, G. M. et al. Verificação das condições acústicas de habitação de interesse social de acordo com a norma brasileira NBR 15575. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, v. 12, n. 1, p. 30–51, 2019.

CABRAL, E. C. C. **Proposta de Metodologia de Orçamento Operacional para Obras de Edificação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1988.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **SINAPI - Metodologias e conceitos**. 8. ed. Brasília: CAIXA, 2020.

\_\_\_\_\_. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 24 maio. 2019.

CAMPOS, P. E. F. Norma de desempenho de edificações: uma contribuição para o desenvolvimento do conceito de normativa exigencial aplicado à construção civil. **Concreto & Construções**, v. 70, n. May, p. 48–53, 2016.

CARLO, U. Desempenho de edifícios, ensino de tecnologia da arquitetura, certificação ambiental de edifícios. **Pós - Revista do Programa de Pós-Graduação em**

**Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, v. 22, n. dez, p. 10–24, dez. 2007.

CASTRO, A. P. de A. S. et al. Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 2, p. 69–76, 2008.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de Edificações Habitacionais - Guia Orientativo**. 2. ed. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CHVATAL, K. M. S. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 119–134, 2014.

COÊLHO, R. S. A. **Orçamento de obras na construção civil**. São Luís: UEMA, 2001.

COTTA, A. C.; ANDERY, P. R. P. As alterações no processo de projeto das empresas construtoras e incorporadoras devido à NBR 15575 - Norma de Desempenho. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 133–152, 2018.

CSTB. **The CSTB - Centre Scientifique et Technique du Batiment - Qui Nous Sommes**. Disponível em: <<https://www.batipedia.com/qui-nous-sommes.html?sessionid=ACBAD83DA16EE3AEDEB4EC6B75805D81>>. Acesso em: 15 maio. 2019.

DIAS, P. R. V. **Engenharia de Custos: Estimativa de Custo de Obras e Serviços de Engenharia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos, 2010.

DIAS, P. R. V. **Engenharia de Custos: Uma Metodologia de Orçamentação para Obras Civis**. 9. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos, 2011.

DUAH, D.; SYAL, M. G. M. Direct and Indirect Costs of Change Orders. **Practice Periodical on Structural Design and Construction**, v. 22, n. 4, p. 1–10, 2017.

FABRICIO, M. M.; BRITO, A. C.; VITTORINO, F. **Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Conforto Ambiental, Durabilidade e Pós-Ocupação**. Porto Alegre: ANTAC- Scienza, 2017.

FELISBERTO, A. D. **Contribuições para elaboração de orçamento de referência de obra pública observando a nova árvore de fatores do SINAPI com BIM 5D-LOD 300**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

FOLIENSTE, B. G. C. Developments in Performance-Based Building Codes. **Forest Products Journal**, v. 50, p. 12–21, 2000.

GARLET, L. et al. Impacto nos Custos de Composição de Paredes Estruturais para Adequação aos Critérios de Desempenho Térmico e Acústico da Norma ABNT NBR 15575:2013. **Ciência & Engenharia**, v. 26, n. 2, p. 49–57, 2017.

GEHBAUER, F. et al. **Planejamento e gestão de obras: um resultado pratico da cooperacao tecnica Brasil-Alemanha**. 1. ed. Curitiba: CEFET-PR, 2002.

GIAMMUSSO, S. E. **Orçamento e Custos na Construção Civil**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1991.

GIBSON, E. Working with the Performance Approach in Building. **CIB Report**, v. 64, 1982.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil**. 4. ed. São Paulo: Pini, 2004.

HOPFE, C. J.; AUGENBROE, G. L. M.; HENSEN, J. L. M. Multi-criteria decision making under uncertainty in building performance assessment. **Building and Environment**, v. 69, p. 81–90, 2013.

HORNGREN, C. T.; DATAR, S. M.; RAJAN, M. **Cost Accounting - A Managerial Emphasis**. 14. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 19208:2016 - Framework for specifying performance in buildings**. Vernier, 2016.

\_\_\_\_\_. **ISO 6241:1984 - Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered**. Vermier, 1984.

JESUS, C. R. M. **Análise de Custos para Reabilitação de Edifícios para Habitação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)—São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.

JESUS, C. R. M.; BARROS, M. M. S. B. Recomendações para elaboração de orçamento de obras de reabilitação de edifícios habitacionais. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 2, p. 57–72, 2011.

KERN, A. P.; FORMOSO, C. T. Integração dos setores de produção e orçamento na gestão de custos de empreendimentos de construção civil. **Revista Tecnologia**, v. 25, n. 1, p. 11–17, 2004.

KERN, A. P.; SILVA, A.; KAZMIERCZAK, C. S. K. S. O Processo De Implantação De Normas De Desempenho Na Construção: Um Comparativo Entre a Espanha (Cte) E Brasil (Nbr 15575/2013). **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 9, n. 1, p. 89, 2014.

LARANJEIRAS, C. A. R. Colapso progressivo dos edifícios - breve introdução. **TQS News**, n. 18, p. 36–47, 2011.

LEONE, G. S. G. **Custos - Planejamento, Implantação e Controle**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

LIM, B. et al. Drivers of the accuracy of developers' early stage cost estimates in residential construction. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, v. 21, n. 1, p. 4–20, 2016.



LIU, L.; ZHU, K. Improving Cost Estimates of Construction Projects Using Phased Cost Factors. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 133, n. 1, p. 91–95, 2006.

LORENZI, L. S. **Análise crítica e proposições de avanço nas metodologias de ensaios experimentais de desempenho à luz da ABNT NBR 15575 (2013) para Edificações Habitacionais de Interesse Social Térreas**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)—Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

MARCHIORI, F. F. **Desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composições de custo para orçamentação de obras de edificações**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)—São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006.

MERCHANT, K. A. Influences on departmental budgeting: an empirical examination of a contingency model. **Accounting, Organizations and Society**, v. 9, n. 3, p. 291–307, 1984.

**Michaelis: moderno dicionário da língua portuguesa**. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998.

MICHALSKI, R. L. X. N. **Metodologias para medição de isolamento sonoro em campo e para expressão da incerteza de medição na avaliação do desempenho acústico de edificações**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica)—Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2011.

MITIDIERI FILHO, C. V. **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações: proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)—São Paulo: Universidade de São Paulo, 1998.

NIENKOETTER, G. M. et al. Impacto do tratamento acústico de lajes no custo das edificações residenciais multifamiliares do CUB. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, v. 1, n. November, p. 1206–1215, 2014.

NUNES, M. F. O.; ZINI, A.; PAGNUSSAT, D. T. Desempenho acústico de sistemas de piso: estudos de caso para isolamento ao ruído aéreo e de impacto. **Acústica e Vibrações**, v. 46, n. October 2016, p. 13–19, 2014.

OBERLENDER, G. D. **Project Management for Engineering and Construction**. 2. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2000.

OBERLENDER, G. D.; TROST, S. M. Predicting Accuracy of Early Cost Estimates Based on Estimate Quality. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 127, n. June, p. 173–182, 2001.

PEREZ JR, J. H.; OLIVEIRA, L. M.; COSTA, R. G. **Gestão Estratégica de Custos**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

PINI. **Está em vigor a NBR 15575 - Norma de Desempenho**. Disponível em: <pinweb17.pini.com.br/construcao/habitacao/esta-em-vigor-a-nbr-15575-norma-de-desempenho-292738-1.aspx>. Acesso em: 25 mar. 2019.

PMBOK. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. 3. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2004.

POLI, C. M. B.; ZORSI, L. M. Desempenho Lumínico Segundo NBR 15575-1:2008, NBR15575-1:2013, Danish Building Regulations 2010 e European Standard pr EN 15251. **Diálogos & Saberes**, v. 10, n. 1, p. 95–113, 2014.

RUSCHEL, R. C.; BRIGITTE, G. T. N. Modelo de informação da construção para o projeto baseado em desempenho: caracterização e processo. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 4, p. 9–26, 2016.

SALAS, J. From closed system precasting to the subtle industrialization of building construction: keys to technological change. **Informes de la Construcción**, v. 60, n. 512, p. 19–34, 2008.

SANTANA, W. B. et al. Rating of acoustic performance levels of NBR 15575 (2013) based on user perception: A case study in the Brazilian Amazon. **Building Acoustics**, v. 24, n. 4, p. 239–254, 2017.

SANTOS FILHO, V. M. Norma de desempenho: Uma visão da história e de seu atendimento no cenário atual da indústria da construção civil. **Revista Especialize On-line IPOG**, v. 01, n. 10, p. 1–20, 2015.

SANTOS, M. M. **Pesquisa Setorial - Norma De Desempenho: Panorama Atual E Desafios Futuros**. São Paulo: Centro de Tecnologia de Edificações, 2016.

SILVA, A. T. **Comparativo entre os processos de implantação do Código Técnico das edificações na Espanha e NBR 15.575/2008– Desempenho – No Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)—São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2011.

SILVA, A. T. et al. Novas exigências decorrentes de programas de certificação ambiental de prédios e de normas de desempenho na construção. **Arquitetura Revista**, v. 10, n. 2, p. 105–114, 2015.

SILVA, M. A. C.; ABIKO, A. K. Metodologia de Seleção Tecnológica na Produção de Edificações com o Emprego do Conceito de Custos ao Longo da Vida Útil. **Ambiente Construído**, v. 1, n. 1, p. 45–60, 1997.

SORGATO, M. J. et al. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 83–101, 2014.

SOUZA, C. DE O. **Desempenho acústico, térmico, lumínico e o estilo arquitetônico adotado para a Região Amazônica nas edificações de casas populares em Porto Velho/RO**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)—

Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2016a.

SOUZA, J. L. P. **Desafios na implantação do nível superior da norma de desempenho em edificação residencial em Novo Hamburgo/Rs**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)—São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2016b.

SZIGETI, F.; DAVIS, G. Performance Based Building: Conceptual Framework. **PeBBu Final Report**, 2005.

TAS, E.; YAMAN, H. A building cost estimation model based on cost significant work packages. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 12, n. 3, p. 251–263, 2005.

TCPO. **Tabela de Composições de Preços para Orçamentos**. 14. ed. São Paulo: Pini, 2012.

TISAKA, M. **Orçamento na Construção Civil: Consultoria, Projeto e Execução**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006.

TUBELO, R. et al. Cost-effective envelope optimisation for social housing in Brazil's moderate climates zones. **Building and Environment**, v. 133, n. January, p. 213–227, 2018.

VILLA, S. B.; SARAMAGO, R. C. P.; GARCIA, L. C. **Avaliação Pós-Ocupação no Programa Minha Casa Minha Vida: Uma Experiência Metodológica**. 1. ed. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2015.