



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo

**DESENVOLVIMENTO DE MODELO MULTICRITÉRIO DE
TOMADAS DE DECISÕES PARA APLICAÇÃO NA
CONSERVAÇÃO DE EDIFICAÇÕES DAS SUPERQUADRAS DO
PLANO PILOTO EM BRASÍLIA/DF**

YAGO WILTON PACHECO MARTINATTI

BRASÍLIA

2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E
URBANISMO

DESENVOLVIMENTO DE MODELO MULTICRITÉRIO DE
TOMADAS DE DECISÕES PARA APLICAÇÃO NA
CONSERVAÇÃO DE EDIFICAÇÕES DAS SUPERQUADRAS DO
PLANO PILOTO EM BRASÍLIA/DF

YAGO WILTON PACHECO MARTINATTI

ORIENTADOR: JOÃO DA COSTA PANTOJA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ARQUITETURA E
URBANISMO

BRASÍLIA/DF: OUTUBRO – 2021

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E
URBANISMO**

**DESENVOLVIMENTO DE MODELO MULTICRITÉRIO DE
TOMADAS DE DECISÕES PARA APLICAÇÃO NA
CONSERVAÇÃO DE EDIFICAÇÕES DAS SUPERQUADRAS DO
PLANO PILOTO EM BRASÍLIA/DF**

ENG. YAGO WILTON PACHECO MARTINATTI

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO DA FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ARQUITETURA E URBANISMO.

APROVADA POR:

Prof. João da Costa Pantoja, Dr. (FAU/UnB)
(Orientador)

Prof. Osvaldo Luiz de Carvalho Souza, Dr. (UFF)
(Examinador Externo)

Prof.^a Vanda Alice Garcia Zanoni, Dra. (FAU/UnB)
(Examinador Interno)

BRASÍLIA/DF, 01 DE OUTUBRO DE 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

MARTINATTI, YAGO WILTON PACHECO	
Desenvolvimento de modelo multicritério de tomadas de decisões para aplicação na conservação de edificações das superquadras do Plano Piloto em Brasília/DF [Distrito Federal] 2021.	
xvii, 114 f., 210 x 297 mm (PPG-FAU/UnB, Mestre, Arquitetura e Urbanismo, 2021). Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.	
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.	
1.Desempenho	2.Depreciação
3.Ross-Heidecke	4.Patrimônio
I. FAU/PPG/UnB	II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MARTINATTI, Y. W. P. (2021). Desenvolvimento de modelo multicritério de tomadas de decisões para aplicação na conservação de edificações das superquadras do Plano Piloto em Brasília/DF. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 114 f.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Yago Wilton Pacheco Martinatti

TÍTULO: Desenvolvimento de modelo multicritério de tomadas de decisões para aplicação na conservação de edificações das superquadras do Plano Piloto em Brasília/DF

GRAU: Mestre ANO: 2021

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Yago Wilton Pacheco Martinatti
Av. Copaíba, lote 01 torre C apt. 715 – Águas Claras
71.919-540 Brasília – DF - Brasil
e-mail: yagomartinatti@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, minha irmã e minha companheira por todo o apoio prestado, constante incentivo e o amor incondicional que me concederam, os quais me auxiliaram e impulsionaram no decorrer desta trajetória.

Aos professores Vanda Alice Garcia Zanoni, Marcio Augusto Roma Buzar, Caio Frederico e Silva e Marcio Albuquerque Buson da PPG FAU. Agradeço por todos os ensinamentos e discussões em sala de aula, mostrando diferentes perspectivas, ideias e conceitos que nos faz perceber o quão incrível e extenso é o saber.

A todos os colegas de pós-graduação, colegas de profissão e amigos que de alguma forma contribuíram para a elaboração do presente estudo, seja com um material, um simples gesto ou palavra de incentivo.

Agradecimento especial ao meu orientador, João da Costa Pantoja, pelos ensinamentos, direcionamento, motivação e a disponibilidade para desanuviar quaisquer dúvidas e me indicar o caminho para concluir esta pesquisa.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo auxiliar em tomadas de decisões gerenciais no âmbito da conservação de patrimônios arquitetônicos ou mesmo de outros bens imóveis a partir de adaptação de modelo matemático multicritério utilizado para cálculo de depreciação de edificações. A metodologia empregada consiste na adaptação do método de Ross-Heidecke proposta por Pimenta (2011), através da alteração de parâmetros obtidos via emprego de outros dois métodos, sendo estes: Método para avaliação de condição baseado na norma holandesa NEN 2767 parametrizada e método para cálculo de depreciação baseado na norma de desempenho ABNT NBR 15575:2013 proposta por Galende (2018). Para isto, tomou-se como amostra duas edificações residenciais típicas das superquadras no Plano Piloto de Brasília, marco da arquitetura e urbanismo moderno e considerado Patrimônio Cultural da Humanidade pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Com o estudo, concluiu-se que os ajustes no método de Ross-Heidecke adaptado por Pimenta (2011) são pertinentes, uma vez que apresentam possível solução para a inconsistência no método ocasionada quando a idade atual do sistema atinge ou ultrapassa a vida útil estimada em projeto, que por sua vez resultava na exacerbação da depreciação e indicava que aquele sistema não possuía mais valor, mesmo que o sistema ainda apresente desempenho e utilidade.

Palavras-Chave: Desempenho; Depreciação; Ross-Heidecke; Patrimônio.

ABSTRACT

The present work aims to assist in management decision-making in the context of the conservation of architectural heritage or even conventional buildings based on the adaption of a multicriteria mathematical model used to calculate the depreciation of buildings. The methodology used consists of adapting the Ross-Heidecke method proposed by Pimenta (2011), by changing the parameters obtained through application of two other methods, such as: Method for condition evaluation based on the parameterized Dutch Standard NEN 2767 and method for depreciation calculation based on the Brazilian performance standard ABNT NBR 15575:2013 proposed by Galende (2018). For this purpose, two residential buildings typical of the superblocks in Brasília's Plano Piloto, a landmark of modern architecture and urbanism and considered a World Heritage Site by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, were taken as a sample. Through this research, it was concluded that the adjustments in the Ross-Heidecke method adapted by Pimenta (2011) are pertinent, as they present a possible solution for the inconsistency in the method, which happens when the current age of the system reaches or exceeds the estimated project lifespan, which in turn resulted in the exacerbation of depreciation and indicated that that system had no value, even though the system still had performance and utility.

Keywords: Performance; Depreciation; Ross-Heidecke; Heritage.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	MOTIVAÇÃO DA PESQUISA	1
1.2	OBJETIVOS.....	4
1.2.1	Objetivos gerais	4
1.2.2	Objetivos específicos	4
1.3	METODOLOGIA	4
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1	CONSERVAÇÃO DE PATRIMÔNIO.....	7
2.1.1	Plano Piloto – Patrimônio histórico e cultural da humanidade	12
2.2	ABNT NBR 15575:2013 - DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES	
HABITACIONAIS		18
2.3	INSPEÇÃO PREDIAL.....	20
2.3.1	ABNT NBR 16747:2020 – Itens a serem avaliados e classificação de irregularidades	21
2.3.1.1	Recomendações e organização de prioridades.....	22
2.3.2	Norma Holandesa	23
2.3.2.1	Processo de avaliação de condições.....	23
2.3.2.2	Importância dos defeitos	25
2.3.2.3	Intensidade dos defeitos	26
2.3.2.4	Extensão dos defeitos.....	26
2.3.2.5	Matrizes de classificações de condições resultantes.....	26
2.3.2.6	Parametrização do método	27
2.4	MODELOS PARA AVALIAÇÃO DE DEPRECIAÇÃO	28
2.4.1	Método Linear	29
2.4.2	Método Exponencial.....	30
2.4.3	Método de Ross	31
2.4.4	Método de Heidecke.....	32
2.4.5	Método de Ross-Heidecke.....	33
2.4.5.1	Método proposto por Pimenta (2011)	35
2.4.6	Método baseado na norma ABNT NBR 15575:2013 (Galende, 2018).....	38
2.4.6.1	Fator 1: Idade	40
2.4.6.2	Fator 2: Número de Não Conformidades.....	42
2.4.6.3	Fator 3: Intensidade / Criticidade de Não Conformidades.....	43
2.4.6.4	Fator 4: Função de Não Conformidades nos diferentes sistemas – Simetria de Não Conformidades entre os sistemas.....	44
3	METODOLOGIA PROPOSTA.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
4.1	CASO DE ESTUDO DE NÚMERO 1.....	51
4.1.1	Aplicação de método proposto na Norma Holandesa parametrizada.....	52
4.1.2	Aplicação do método proposto por Galende (2018).....	55
4.1.3	Aplicação do método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011).....	61
4.1.4	Aplicação do método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011) combinado com Norma Holandesa parametrizada e método adaptado de Galende (2018)	65
4.2	CASO DE ESTUDO DE NÚMERO 2.....	73
4.2.1	Aplicação de método proposto na Norma Holandesa parametrizada.....	73
4.2.2	Aplicação do método proposto por Galende (2018).....	76

4.2.3	Aplicação do método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011).....	82
4.2.4	Aplicação do método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011) combinado com Norma Holandesa parametrizada e método adaptado de Galende (2018)	84
4.3	RESULTADOS	89
5	CONCLUSÕES.....	95
5.1	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	96
6	REFERÊNCIAS	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comparação de desempenho com e sem manutenção.....	1
Figura 2 - Representação da Lei de evolução dos custos de Sitter em função da fase em que a intervenção foi realizada	3
Figura 3 – Centro Histórico de Ouro Preto/MG – Primeiro local brasileiro tombado como patrimônio pela UNESCO – Vista da Igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição	7
Figura 4 – Vista exterior da Igreja São Francisco de Assis, Belo Horizonte/MG.....	8
Figura 5 - Exemplo de intervenção em patrimônio histórico e cultural: Palácio de Westminster e a Elizabeth Tower em Londres, Reino Unido – Março de 2017.	11
Figura 6 – Exemplo de intervenção em patrimônio histórico e cultural: Palácio de Westminster e a Elizabeth Tower sob manutenção em Londres, Reino Unido – 2018. 11	11
Figura 7 - Traçado regulador de Lúcio Costa.....	13
Figura 8 - Marco Zero e Esplanada dos Ministérios em 30 de setembro de 1958	13
Figura 9 - Unidade de Vizinhança proposta por Radburn (1928) – 25.000 habitantes ..	14
Figura 10 - Croqui de Lúcio Costa – Vista da superquadra apresentado ao concurso ...	15
Figura 11 - Croqui de Lúcio Costa - Superposição de Áreas de Vizinhança	15
Figura 12 – Divisão das superquadras no Plano Piloto	16
Figura 13 - Conjunto Urbanístico de Brasília.....	18
Figura 14 - Processo de avaliação de condição	24
Figura 15 - Representação gráfica da depreciação linear.	30
Figura 16 - Comparativo entre método linear e exponencial	31
Figura 17 - Comparativo método linear, exponencial e Ross	31
Figura 18 - Curvas de depreciação para diferentes estados de conservação.	35
Figura 19 - Exemplo de uma estrutura de custos de construção	36
Figura 20 - Quadro modelo para não conformidades identificadas.....	39
Figura 21 – Fluxograma do método proposto	50
Figura 22 - Fachada frontal da edificação objeto de estudo	51
Figura 23 – Quadro de não conformidades identificadas – Caso de Estudo 1	55
Figura 24 - Fachada da edificação objeto de estudo.....	73
Figura 25 – Quadro de não conformidades identificadas – Caso de Estudo 2	76
Figura 26 – Quadro de não conformidades identificadas – Caso de Estudo 2	85
Figura 27 – Porcentagem de depreciação classificada por sistema – Caso de estudo 1. 89	89
Figura 28 – Porcentagem de depreciação classificada por sistema – Caso de estudo 1. 89	89
Figura 29 – Porcentagem de depreciação classificada por sistema – Caso de estudo 2. 90	90
Figura 30 – Porcentagem de depreciação classificada por sistema – Caso de estudo 2. 90	90
Figura 31 – Participação de cada sistema na constituição da depreciação global – Caso de estudo 1	91
Figura 32 – Participação de cada sistema na constituição da depreciação global – Caso de estudo 1	91
Figura 33 – Participação de cada sistema na constituição da depreciação global – Caso de estudo 2.....	92
Figura 34 – Participação de cada sistema na constituição da depreciação global – Caso de estudo 2.....	92
Figura 35 – Gráfico comparativo de resultados obtidos através dos diferentes métodos – Caso de estudo 1	93
Figura 36 – Gráfico comparativo de resultados obtidos através dos diferentes métodos – Caso de estudo 2	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Norma holandesa para avaliação de condições de edifícios em seis pontos .	24
Tabela 2 – Classificação parametrizada de condição geral	28
Tabela 3 - Vida Útil – Exemplo de edifício multifamiliar	37
Tabela 4 – Vida útil por sistema.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação de importância dos defeitos	25
Quadro 2 - Classificação de intensidade dos defeitos	26
Quadro 3 - Classificação de extensão dos defeitos.....	26
Quadro 4 – Matriz de resultados para defeitos leves.....	27
Quadro 5 - Matriz de resultados para defeitos graves	27
Quadro 6 - Matriz de resultados para defeitos críticos.....	27
Quadro 7 – Matriz parametrizada de resultados para defeitos leves	27
Quadro 8 - Matriz parametrizada de resultados para defeitos graves.....	28
Quadro 9 - Matriz parametrizada de resultados para defeitos críticos	28
Quadro 10 - Classificação do estado de conservação.....	32
Quadro 11 – Quadro de Ross Heidecke (% de vida relacionada ao estado de conservação)	34
Quadro 12 - Estado de conservação - Exemplo de edifício multifamiliar.....	37
Quadro 13 - Estrutura de determinação da depreciação física - Modelo proposto por Pimenta	38
Quadro 14 - Escala de intensidade da não conformidade.....	38
Quadro 15 - Valores para o coeficiente $F1A$	41
Quadro 16 - Valores para o coeficiente $F2A$	42
Quadro 17 - Valores para o coeficiente $F3A$	43
Quadro 18 - Faixa de variação nos sistemas	44
Quadro 19 - Não conformidades detectadas.....	45
Quadro 20 – Classificação da condição do Sistema 1 - Estrutura.....	52
Quadro 21 – Classificação da condição do Sistema 2 – Paredes e painéis	52
Quadro 22 – Classificação da condição do Sistema 3 – Cobertura.....	53
Quadro 23 – Classificação da condição do Sistema 4 – Pisos e revestimentos.....	53
Quadro 24 – Classificação da condição do Sistema 5 – Instalações 01 de 02	53
Quadro 25 – Classificação da condição do Sistema 5 – Instalações 02 de 02	53
Quadro 26 - Valores para o coeficiente $F1A$ – Estudo de caso 1	56
Quadro 27 - Valores para o coeficiente $F2A$	57
Quadro 28 - Valores para o coeficiente $F3A$	59
Quadro 29 - Faixa de variação nos sistemas.....	60
Quadro 30 - Não conformidades detectadas.....	61
Quadro 31 – Estrutura de custo detalhada para edificação em concreto armado com mais de 5 pavimentos.....	62
Quadro 32 – Estrutura de custo para edificação em concreto armado com mais de 5 pavimentos.....	63
Quadro 33 – Estado de conservação por sistema	64
Quadro 34 – Estrutura de determinação da depreciação física - Modelo proposto por Pimenta	64
Quadro 35 - Valores para o coeficiente $F2A$	66
Quadro 36 - Valores para o coeficiente $F3A$	67
Quadro 37 – Valores obtidos para os coeficientes $F2$ e $F3$ classificados por sistema..	68
Quadro 38 - Faixa de variação nos sistemas	69
Quadro 39 - Não conformidades detectadas.....	69
Quadro 40 – Estrutura de determinação da depreciação física - Modelo proposto por Pimenta	71
Quadro 41 – Cálculo do desempenho aparente	72

Quadro 42 – Estrutura de determinação da depreciação física - Modelo proposto por Pimenta	72
Quadro 43 – Classificação da condição do Sistema 1 - Estrutura	74
Quadro 44 – Classificação da condição do Sistema 2 – Paredes e painéis	74
Quadro 45 – Classificação da condição do Sistema 3 – Cobertura	74
Quadro 46 – Classificação da condição do Sistema 4 – Pisos e revestimentos.....	74
Quadro 47 – Classificação da condição do Sistema 5 – Instalações	75
Quadro 48 - Valores para o coeficiente $F1A$	77
Quadro 49 - Valores para o coeficiente $F2A$	78
Quadro 50 - Valores para o coeficiente $F3A$	80
Quadro 51 - Faixa de variação nos sistemas	81
Quadro 52 - Não conformidades detectadas.....	82
Quadro 53 – Estrutura de custo para edificação em concreto armado com mais de 5 pavimentos.....	83
Quadro 54 – Estado de conservação por sistema	84
Quadro 55 – Estrutura de determinação da depreciação física - Modelo proposto por Pimenta.....	84
Quadro 56 – Valores obtidos para os coeficientes $F2$ e $F3$ classificados por sistema..	85
Quadro 57 - Faixa de variação nos sistemas	86
Quadro 58 - Não conformidades detectadas.....	86
Quadro 59 – Estrutura de determinação da depreciação física - Modelo proposto por Pimenta.....	88

LISTA DE ABREVIACÕES

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- CREIA – California Real Estate Inspection Association
- COBREAP – Congresso Brasileiro de Avaliações e Perícias
- IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia
- ICOMOS - International Council on Monuments and Sites
- ISO – International Organization for Standardization
- IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
- NBR – Norma Brasileira
- NEN – The Royal Netherlands Standardization Institute
- NOVACAP – Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil
- SPHAN – Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
- UNESCO – Organização das Nações Unidas Para Educação, Ciência e Cultura
- VU – Vida Útil
- VUP – Vida Útil de Projeto

LISTA DE SÍMBOLOS

C	Coeficiente de Heidecke.
F_1	Função da idade;
F_2	Função do número de Não Conformidades (aspecto quantitativo);
F_3	Função de intensidade/criticidade de Não Conformidades (aspecto qualitativo);
F_4	Função de Não Conformidades nos diferentes sistemas (simetria de não conformidades entre os sistemas);
k	Fator de depreciação acumulada;
n	Vida útil de projeto;
NC_{total}	Número total de não conformidades;
T	Diferença entre o menor e maior valor do intervalo conforme faixa em que F_{2A} foi classificado, vide Quadro 16 - Valores para o coeficiente F_{2A} ;
u	Idade atual do edifício;
W	Menor valor do intervalo de acordo com a faixa em que F_{2A} foi classificado, vide Quadro 16 - Valores para o coeficiente F_{2A} ;
Y_1	Intervalo entre as faixas indicadas para valores para o coeficiente Quadro 15 - Valores para o coeficiente F_{1A} , ou seja, é igual a 0,1;
Y_2	Diferença entre o maior e menor valor de cada faixa no Quadro 15 - Valores para o coeficiente F_{1A} , ou seja, este valor é igual a 9;
Z_1	Menor valor do intervalo correspondente encontrado no Quadro 15 - Valores para o coeficiente F_{1A} ;
Z_2	Menor valor do intervalo correspondente encontrado no Quadro 17 - Valores para o coeficiente F_{3A} ;
$\sum escalas$	Somatório das não conformidades multiplicadas pelos valores equivalentes as suas criticidades;
$\sum NC.10$	Valor total de não conformidades identificados em todos os sistemas multiplicado por dez;
$\%FI$	Porcentagem da função de intensidade;
$\%VU$	Porcentagem de vida útil;

Letras gregas

α - Coeficiente correspondente a $\left(\frac{Y_1}{Y_2}\right) = \left(\frac{0,1}{9}\right) = 0,0111$.

1 INTRODUÇÃO

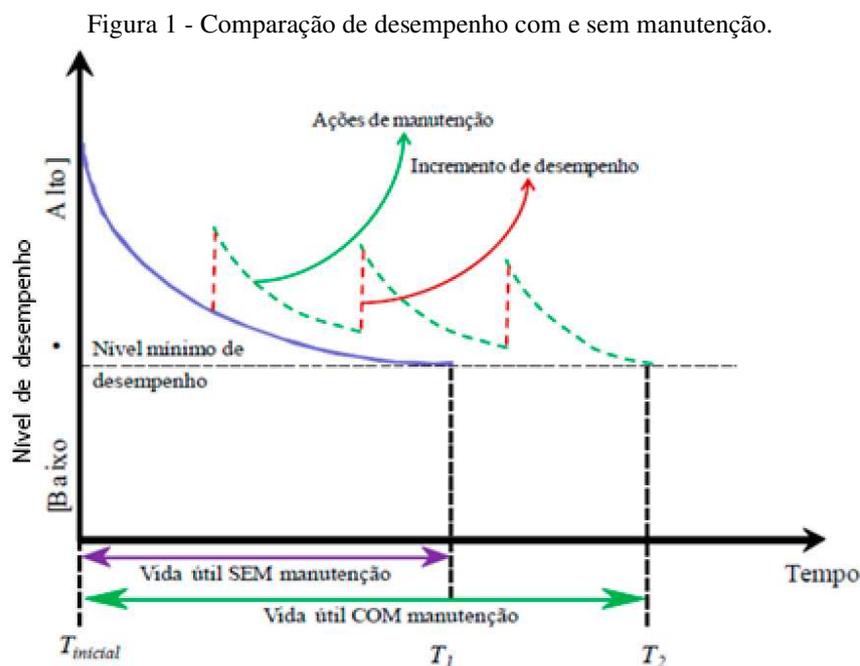
1.1 MOTIVAÇÃO DA PESQUISA

Percebe-se um aumento significativo na ocorrência de não conformidades afligindo as edificações existentes. Este fenômeno possui relação direta com a cultura de nosso país, que por sua vez, até alguns anos atrás não classificava as manutenções rotineiras como uma prática necessária, mas sim como procedimentos voluptuários e dispendiosos. Devido a isto, houve também uma crescente preocupação no âmbito de conservação e manutenção das edificações.

A manutenção é um processo decisivo para a gestão de edifícios, em especial para o patrimônio arquitetônico, visando que as edificações possam desfrutar de um melhor desempenho do projeto, estendendo sua estabilidade, integridade, funcionalidade e preservando sua estética.

Conforme a ISO 13823 (2008), a durabilidade se traduz na capacidade de uma estrutura ou de seus elementos com as devidas manutenções planejadas, em satisfazer os requisitos de desempenho do projeto como resultado do processo de envelhecimento, ou através de um intervalo de tempo sob efeito das ações ambientais.

A correta execução das manutenções programadas gera um prolongamento considerável na vida útil da edificação, conforme observado na Figura 1:



Fonte: POSSAN, E., DEMOLINER, C.A.; (2013, p. 7)

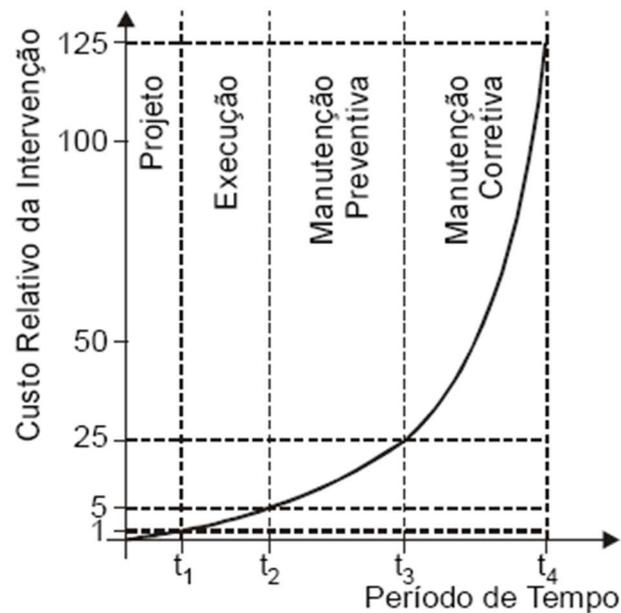
Atualmente, com a fiscalização de cumprimento da ABNT NBR 14037:2014, as edificações costumam ser entregues acompanhadas de diversos documentos e orientações para realização de manutenções periódicas no edifício, isto com a finalidade de prolongar a vida útil e a funcionalidade durante todo o tempo para que fora projetado. Entretanto, isto é uma prática recente, ou seja, grande parcela dos edifícios existentes não possui estas diretrizes para realização de manutenções periódicas, aliado ao fato que a importância da realização destas manutenções ainda não é algo de conhecimento geral.

Com a falta de checagem periódica dos elementos construtivos no sistema edilício, somente após constatação pelos usuários de um quadro de anomalias já instalado, se realiza a contratação de especialista para inspeção do edifício, se tornando assim necessária intervenção do sistema. Normalmente, quando realizada a inspeção, identificam-se diversas outras anomalias, as quais são apontadas pelo profissional habilitado para o contratante.

De acordo com a ABNT NBR 13752:1996, o laudo é uma peça na qual o profissional habilitado relata o que fora observado, avalia e dá suas conclusões, fundamentadamente, sobre o valor de coisas ou direitos. Nele se traduz para os leitores e partes interessadas a incidência e gravidade das anomalias identificadas, sua necessidade de recuperação ou tratamento, assim como a viabilidade executiva destes.

No decorrer das vistorias, identificam-se diversas não conformidades, que por sua vez, raramente são estáveis, ou seja, possuem tendência de evolução e se acentuam com o passar do tempo, podendo ocasionar no surgimento anomalias e até mesmo em falhas estruturais conforme progridem. Nessa lógica, nota-se a importância de diagnosticar as anomalias ainda em seu estado inicial, evitando o agravamento destas, a queda de desempenho da edificação e reduzindo drasticamente os custos para execução de intervenções corretivas. De acordo com a Lei de evolução de custos de Sitter, a manutenção corretiva pode ser até cento e vinte e cinco vezes mais dispendiosa do que a correção realizada ainda em fase de projeto, quando aplicável, vide Figura 2.

Figura 2 - Representação da Lei de evolução dos custos de Sitter em função da fase em que a intervenção foi realizada



Fonte: SIQUEIRA, A. P. D.; (2012, p. 58)

Em posse do laudo técnico, contendo as anomalias identificadas e classificadas, o responsável pela edificação, seja este o proprietário, síndico ou administrador, deve então proceder para realização dos reparos. Entretanto, em grande parte dos casos, a execução de restauração e/ou reforço para todas as não conformidades apontadas no laudo atinge um valor que excede os planejamentos financeiros dos responsáveis. Sendo assim, deve-se realizar os reparos por ordem de prioridade, uma vez que existem anomalias que evoluem mais rapidamente, ou que apresentem maior risco à estabilidade da edificação.

É comum que a gestão da edificação seja realizada por alguém sem formação na área da construção civil, entretanto, mesmo que formado na área, é possível que suas decisões possam refletir interpretações, valores e prioridades pessoais.

A motivação deste estudo incide na intenção de auxiliar e respaldar as tomadas de decisão dos gestores através do fornecimento de dados e/ou ferramentas práticas, lógicas e impessoais desenvolvidas no Laboratório de Reabilitação do Ambiente Construído (LABRAC), coordenados pelo Prof. Dr. Eng. João da Costa Pantoja, dentro do grupo de pesquisa Estruturas Existentes – Metodologia de avaliação com base em confiabilidade, onde são estudadas integrações, adaptações e sugestões de metodologias probabilísticas associadas a realização de vistorias para gerar dados que possam nortear as tomadas de decisões em relação à edificação objeto de estudo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos gerais

Este estudo tem como objetivo geral o desenvolvimento de um modelo multicritério para cálculo de depreciação, utilizando-se de parâmetros como desempenho aparente e degradação através da interação entre os métodos propostos na Norma Holandesa NEN 2767, o método proposto por Galende (2018), baseado na norma de desempenho ABNT NBR 15575:2013 e aplicando os coeficientes obtidos como parâmetros no cálculo do método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011).

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Adaptar o método proposto por Galende com a finalidade de obter um resultado que independe de idade atual ou de vida útil de projeto da edificação;
- Parametrizar o método proposto pela norma holandesa NEN 2767 para obter um resultado de estado de condição que varie entre 0 e 100%, onde o valor obtido pode ser utilizado como substituto para o estado de conservação de Heidecke;
- Desenvolver proposta de modificação no método de Ross-Heidecke para corrigir inconsistência obtida quando a idade real é superior à vida útil de projeto.

1.3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos, serão vistoriados por especialistas dois imóveis residenciais das superquadras com tipologia típica do Plano Piloto em Brasília, neles, serão analisados os aspectos gerais da construção e identificadas as anomalias, sendo estas posteriormente analisadas e catalogadas.

A metodologia empregada nesta pesquisa:

- Revisar a bibliografia de autores, normas nacionais e internacionais sobre estudos nos temas de depreciação, desempenho, inspeção e degradação além de pesquisas ou propostas de modelos multiparâmetro para estimar a depreciação de imóveis;

- Selecionar um padrão de edifício típico da arquitetura da superquadra, no Plano Piloto em Brasília;
- Analisar todos os dados das anomalias identificadas pelos vistoriadores durante a inspeção, catalogadas e registradas via laudo técnico;
- Avaliar as condições gerais das edificações através do método proposto pela Norma Holandesa NEN 2767 parametrizada;
- Calcular a depreciação das edificações através do método baseado na norma de desempenho ABNT NBR 15575:2013 proposta por Galende (2018);
- Calcular a depreciação das edificações através do método de Ross-Heidecke adaptado por Pimenta (2011);
- Calcular a depreciação das edificações através de método proposto, utilizando-se da alteração de parâmetros no método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011), pelos índices obtidos através da aplicação dos métodos propostos pela norma holandesa NEN 2767 parametrizada e adaptação do método proposto por Galende (2018);
- Analisar os resultados obtidos através da aplicação dos diferentes métodos para cálculo de depreciação da edificação e expor conclusões acerca dos assuntos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

CAPÍTULO 1 – Introdução

A introdução apresenta a contextualização da pesquisa, seguida de seus objetivos gerais, específicos e apresentação da metodologia empregada. De forma concisa, apresenta a problemática, a importância da realização de manutenções e inspeções e seu impacto para a vida útil da edificação.

CAPÍTULO 2 – Revisão Bibliográfica

É a apresentação da base teórica deste estudo, dividido em quatro seções. A primeira discute a necessidade e importância de conservação de patrimônios, além de contextualizar o Plano Piloto em Brasília, de onde serão analisadas as edificações estudo

de caso. A segunda seção apresenta a norma de desempenho de edificações habitacionais e algumas de suas diretrizes. A terceira faz um panorama sobre a inspeção predial, identificando os principais itens e recomendações da norma brasileira de inspeção predial e apresenta também a norma holandesa para classificação de condição de edifícios. E por fim, a quarta seção faz uma apresentação dos modelos para avaliação de depreciação, mostrando quais os parâmetros utilizados por cada um deles para cálculo de depreciação da edificação.

CAPÍTULO 3 – Metodologia proposta

Faz-se a descrição minuciosa da metodologia proposta pela presente pesquisa, explicando os motivos que levaram à necessidade de alteração de parâmetros em método para cálculo de depreciação existente, mostrando também todas as etapas necessárias para cálculo dos parâmetros adicionais.

CAPÍTULO 4 – Estudos de caso e resultados

É realizada a apresentação das edificações avaliadas, nas quais são aplicadas as diferentes metodologias para cálculo de depreciação, onde são apresentados e discutidos os resultados obtidos.

CAPÍTULO 5 – Conclusões

Com base nos resultados obtidos, são apresentadas as conclusões acerca da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSERVAÇÃO DE PATRIMÔNIO

Segundo Jorge (2000), a conservação do patrimônio é cada vez menos percebida como uma forma de defesa exclusiva do espaço vital natural, tendo em vista que seu conceito ao longo do tempo se torna mais abrangedor, acolhendo também o espaço vital coletivo desenhado pelo homem no decorrer de sua existência.

Para Guichen (1995), a conservação preventiva é compreendida pelo conjunto de ações com a finalidade de salvaguardar ou estender a vida útil de uma coleção ou objeto. Sua aplicação prática é moldada através de seis qualidades possuídas pelo ser humano, e que ao serem aplicadas adstritamente à experiência profissional e o conhecimento científico, permitem agir corretamente. As qualidades são: imaginação, intuição, memória, razão, senso comum e ética.

No Brasil, o Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN) foi criado no ano de 1937 pelo ex-ministro da Educação Gustavo Capanema. Conforme observado no Decreto Lei nº 25 (Presidência da República, 1937) com a intenção de promover a proteção, enriquecimento e informação dos patrimônios naturais de maneira nacional e permanente. Diferentemente dos países norte americanos e europeus, essa legislação não requer uma distância temporal mínima desde a construção do edifício para que possa ser considerado como um monumento histórico.

Figura 3 – Centro Histórico de Ouro Preto/MG – Primeiro local brasileiro tombado como patrimônio pela UNESCO – Vista da Igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição



Fonte: Acervo do Iphan, foto de André Macieira¹

¹ Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/noticias/detalhes/4267/ouro-preto-mg-recebe-primeira-etapa-de-obras-em-igreja-simbolo-do-barroco>>. Acesso em 08 de mai. 2021.

No ano de 1947, a Igreja de São Francisco de Assis da Pampulha, projeto de Oscar Niemeyer em Belo Horizonte, Minas Gerais, foi inscrita no Livro de Tombo das Belas Artes do IPHAN, após aproximadamente quatro anos de sua inauguração. Posteriormente, outros exemplares de arquitetura moderna foram também registrados, sendo eles, a Estação de Hidroaviões, o Parque do Flamengo, o edifício do Ministério de Educação e Saúde, que atualmente é conhecido por Palácio Capanema, assim como o Catetinho e a Catedral Metropolitana de Brasília. Desta forma, o Brasil se tornou o primeiro país no mundo a implementar ações legais em prol da salvaguarda da arquitetura moderna (ANDRADE et al, 2009).

Figura 4 – Vista exterior da Igreja São Francisco de Assis, Belo Horizonte/MG



Fonte: Arquivo do site da prefeitura de Belo Horizonte, foto de Marcelo Rosa².

O International Council on Monuments and Sites – ICOMOS é uma organização internacional não governamental que se dedica a proteção e conservação de locais de patrimônios culturais, promovendo pesquisas e aplicação de teorias, metodologias e técnicas científicas de conservação de patrimônios arquitetônicos e arqueológicos desde 1965.

No ano de 1964, foi redigido um documento para o II Congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos dos Monumentos Históricos pelo que viria a ser o ICOMOS, o documento defendia a conservação e manutenção constante dos patrimônios históricos, este documento ficou conhecido como a Carta de Veneza. Neste documento defende-se o seguinte:

² Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/prefeitura-realiza-restauracao-da-igreja-sao-francisco-de-assis-na-pampulha>>. Acesso em 07 de mai. 2021.

Artigo 2º - A conservação e a restauração dos monumentos constituem uma disciplina que reclama a colaboração de todas as ciências e técnicas que possam contribuir para o estudo e a salvaguarda do patrimônio monumental.

Artigo 3º - A conservação e a restauração dos monumentos visam a salvaguardar tanto a obra de arte quanto o testemunho histórico.

Artigo 4º - A conservação dos monumentos exige, antes de tudo, manutenção permanente. (ICOMOS, 1964).

Além da Carta de Veneza, ao longo dos anos surgiram outras cartas patrimoniais, por exemplo a Carta de Burra, redigida no ano de 1980. De acordo com o ICOMOS australiano (1999), a Carta de Burra possui instruções quanto a gestão e conservação de todos os sítios que possuam importância cultural, assim como os sítios indígenas, naturais e os de valores históricos, baseados nas experiências e conhecimentos de seus membros.

Estas cartas são documentos onde se traçam diretrizes para preservação, conceitos de planos de conservação e mesmo de restauro de patrimônios históricos, culturais e artísticos.

De acordo com o Artigo 2º da Carta de Burra (ICOMOS, 1980) “O objetivo da conservação é preservar a significação cultural de um bem; ela deve implicar medidas de segurança e manutenção”.

Desta forma, entende-se que a conservação é resultado de ações e procedimentos que visem proteger e/ou retardar o processo de deterioração ou perda de valor de um bem. Quando se trata de um Patrimônio histórico, as técnicas, procedimentos e ações de conservação são de importância fundamental para estender a vida útil deste.

Fundado por dois professores no ano de 1988 na Universidade de Eindhoven, na Holanda, surgiu a organização sem fins lucrativos DOCOMOMO, cujo objetivo é estudar e preservar obras no campo da arquitetura que façam parte do movimento moderno. Nos dias atuais, possuem mais de 2000 membros ao redor do mundo, além de escritórios em ao menos 45 países.

A organização organiza conferências internacionais a cada dois anos com a finalidade de discutir temas relacionados ao movimento moderno. No ano de 2000, Brasília comemorava seu quadragésimo aniversário, e neste ano sediou a sexta conferência DOCOMOMO, denominada “*Modern city facing the future*” (A cidade moderna encarando o futuro).

Com o objetivo de classificar a importância de um espaço construído, a organização listou seis critérios, pelos quais o espaço seria avaliado se deveria ser preservado, como e em que grau. Sendo estes:

- I. Mérito tecnológico: quando o espaço goza de tecnologias inovadoras para resolver problemas estruturais, do programa ou estéticos;
- II. Mérito social: quando as mudanças nos padrões sociais do século XX são refletidas no desenho;
- III. Mérito artístico e estético: quando o espaço contém proporção, escala, composição, material ou detalhes que deveriam ser preservados;
- IV. Mérito canônico: quando a obra e/ou o arquiteto são afamados;
- V. Valor referencial: quando os atributos do espaço influenciam outros artistas ou arquitetos;
- VI. Integridade: quando a intenção original do desenho está aparente e desprovida de reformas que comprometam sua integridade arquitetônica ou do local;

Desta forma, quanto maior a quantidade de critérios correspondentes à uma obra, maior seria sua importância.

Para Cantacuzino (1990), ambas, proteção e preservação são termos que se enquadram em um termo mais abrangente: a conservação. Esta, por sua vez, na arquitetura moderna, significa manter algo vivo, podendo este ser uma casa, um bairro ou mesmo uma cidade inteira, tal como o Plano Piloto.

Desta forma, o que é significativo é a preservação das características importantes, e para isso, deve-se realizar extensa pesquisa e análise a respeito do item, ou obra e as razões pelas quais ela deveria ser preservada.

Um dos patrimônios mundiais da UNESCO, o palácio de Westminster, comumente chamado de Casas do Parlamento, o lar do parlamento britânico. A torre noroeste do palácio, nomeada Elizabeth Tower, é a torre que abriga o grande sino mundialmente conhecido como Big Ben em Londres, no Reino Unido.

A Elizabeth Tower é um exemplo de edificação patrimônio que passa atualmente por extensa restauração, a torre foi concluída no ano de 1858. Em 2017 foi iniciado um trabalho de restauração que tinha previsão de duração de três anos, entretanto, ainda em 2021 a torre se encontra em obras e sem previsão de data para reinauguração.

Figura 5 - Exemplo de intervenção em patrimônio histórico e cultural: Palácio de Westminster e a Elizabeth Tower em Londres, Reino Unido – Março de 2017.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 6 – Exemplo de intervenção em patrimônio histórico e cultural: Palácio de Westminster e a Elizabeth Tower sob manutenção em Londres, Reino Unido – 2018.



Fonte: Arquivo pessoal.

A torre era acometida por diversas anomalias, entre elas: rachaduras, vazamentos, corrosão no telhado e na estrutura que suporta o icônico sino Big Ben. A Elizabeth Tower não passava por uma grande intervenção há aproximadamente trinta anos, e estima-se que após a restauração, deverá se manter por intervalo superior. Ao fim destas restaurações, a edificação terá um aumento considerável em sua vida útil, demonstrando a necessidade das manutenções preventivas e corretivas, assim como sua importância para o prolongamento da vida útil das edificações, especialmente dos patrimônios históricos.

O processo da conservação deve começar com uma extensa avaliação sobre que aspectos realmente valem a pena preservar. Significa que outros poderiam sofrer mudanças quando estas sejam necessárias para manter a obra em uso.

Acredita-se que em longo prazo esta é a melhor maneira de preservação e normalmente o melhor uso é aquele para a qual a obra foi projetada inicialmente. (BRAGA, 2005, p. 20)

2.1.1 Plano Piloto – Patrimônio histórico e cultural da humanidade

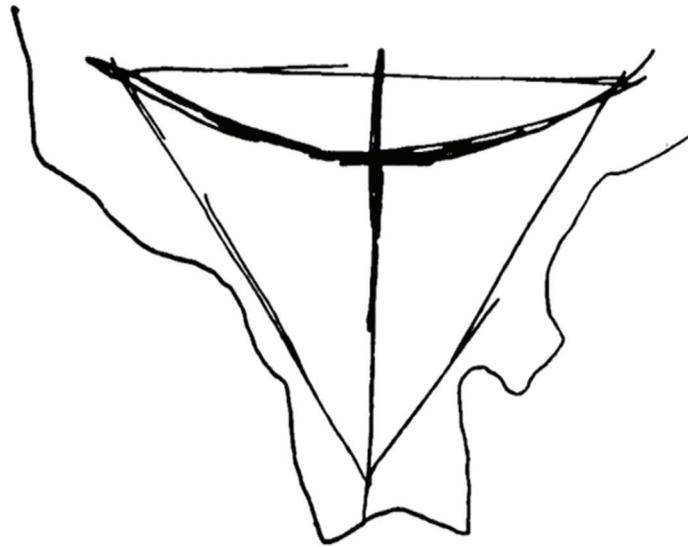
Existem registros que sugerem a transferência da capital do Brasil para o centro do território desde meados de 1750. Inicialmente, com objetivo de ocupar as vastas áreas do interior, visando assegurar sua posse. Posteriormente, surgiram também argumentos tratando questões de segurança e político-estratégicas (FONSECA, 2001).

No ano de 1883, o sacerdote católico italiano Dom Bosco sonhara com uma visita a América do Sul, relatando que “entre os graus 15 e 20 havia uma enseada bastante longa e bastante larga, que partia de um ponto onde se formava um lago”. Seus relatos foram tomados como uma premonição do local que viria a ser construída a nova capital do país. Anos depois, esta área foi incluída na primeira Constituição da República brasileira, e no ano seguinte, em 1892, uma expedição que ficou conhecida por “Missão Cruls”, formada por cientistas de diversas áreas tais como geólogos, botânicos e médicos, foi enviada para explorar o planalto central. Após o levantamento, a área ficou conhecida como quadrilátero Cruls.

De acordo com Braga (2005), em 1946 sob chefia do general Djalma Poli Coelho, os estudos foram retomados com intenção de definir a área a ser utilizada como nova capital federal, sendo o relatório da comissão favorável à escolha inicialmente proposta pela Missão Cruls.

Em 1955, Juscelino Kubitschek iniciou sua campanha para concorrer à presidência, assumindo o desafio de construir a nova capital do Brasil em um curto espaço de tempo. No ano seguinte, como presidente eleito, deu-se então o pontapé inicial para o desenvolvimento da nova capital. O então presidente Juscelino Kubitschek criou a Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil - Novacap para organizar a logística da sonhada obra. Foi lançado o “Concurso Nacional do Plano Piloto da Nova Capital do Brasil”, onde receberam dezenas de propostas para o desenvolvimento da capital, a vencedora se destacou pela simplicidade, “dois eixos cruzando-se em ângulo reto, ou seja, o próprio sinal da cruz” (COSTA, 1957, p.38), assemelhando-se também a um avião, desenhado à lápis numa folha em branco, conforme Figura 7.

Figura 7 - Traçado regulador de Lúcio Costa



Fonte: FERREIRA, M. M. e GOROVITZ, M; (2008, p. 26)

O plano urbanístico vencedor foi idealizado pelo arquiteto, urbanista e professor Lúcio Marçal Ferreira Ribeiro de Lima Costa, nacionalmente conhecido como Lúcio Costa. O planejamento da cidade iniciou em 1956 pelos arquitetos Lúcio Costa, Oscar Niemeyer e pelo engenheiro Joaquim Cardozo. Sua construção aconteceu de forma acelerada, logo em 21 de abril de 1960 foi realizada a inauguração de Brasília, cidade que viria a encantar quaisquer visitantes por suas formas inovadoras e modernas, além de sua organização.

Figura 8 - Marco Zero e Esplanada dos Ministérios em 30 de setembro de 1958



Fonte: Arquivo Público do Distrito Federal³.

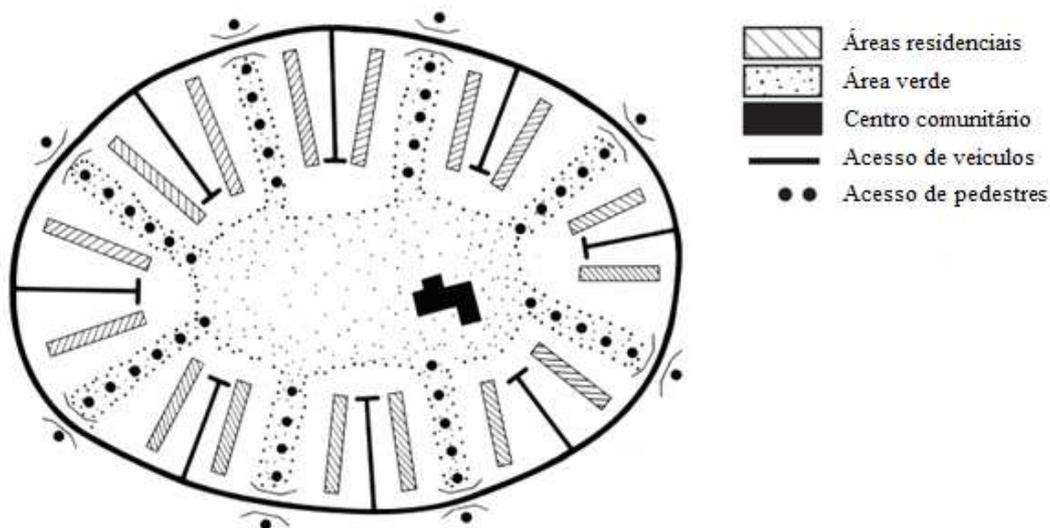
³ Disponível em: <<http://www.df.gov.br/historia/>>. Acesso em 02 de abr. 2021.

A qualificação de Brasília como Patrimônio da Humanidade pressupõe que o significado do desenho transcende os objetivos particulares imediatos – práticos e programáticos – e ganha foro universal. Das inúmeras razões do reconhecimento, distinguimos aqui a Superquadra, contribuição inédita para a configuração dos espaços do cotidiano na cidade contemporânea. (FERREIRA e GOROVITZ, 2008 p.12)

O Plano Piloto foi reconhecido pela Organização das Nações Unidas Para Educação, Ciência e Cultura – UNESCO como Patrimônio Mundial no ano de 1987, sendo o primeiro conjunto urbano do século XX a ser reconhecido pela instituição. Pouco depois, no ano de 1990, foi inscrito no Livro de Tombo Histórico pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN.

As superquadras, por sua vez, foram inspiradas em um princípio conhecido como Unidades de Vizinhança, trata-se de modelos de urbanização que promovem a sociabilidade da vizinhança através de áreas verdes, centros comunitários, comércios etc. Um exemplo de Unidade de Vizinhança para 25.000 habitantes pode ser observado na Figura 9:

Figura 9 - Unidade de Vizinhança proposta por Radburn (1928) – 25.000 habitantes



Fonte: FERREIRA, M. M. e GOROVITZ, M; (2008, p. 18). Adaptado pelo autor (2021).

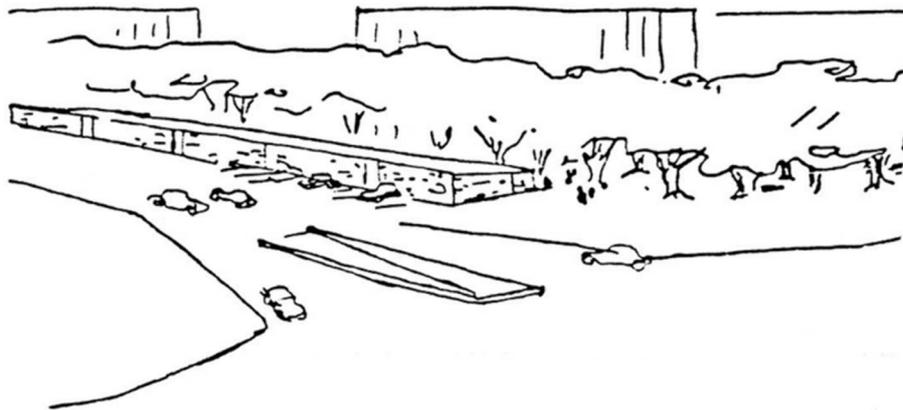
Entretanto, Lúcio Costa adotou o nome Áreas de Vizinhança para seu projeto urbanístico. Diferentemente dos modelos precursores de Unidades de Vizinhança, as superquadras idealizadas pelo arquiteto não centralizam os equipamentos habitacionais, com exceção das escolas e jardins de infância, todos os serviços estão localizados às margens do sistema viário, sendo assim, as praças esportivas, galerias comerciais e

cinemas são acessíveis através das vias principais (Eixos Leste e Oeste) e os comércios das entrequadras, biblioteca, clube de vizinhança etc. acessíveis através das vias secundárias (W-1 e L-1).

A cidade foi, de fato, concebida em função de três escalas diferentes: a escala coletiva ou monumental, a escala cotidiana ou residencial e a escala concentrada ou gregária; o jogo dessas três escalas é que lhe dará o caráter próprio definitivo (COSTA, 1967).

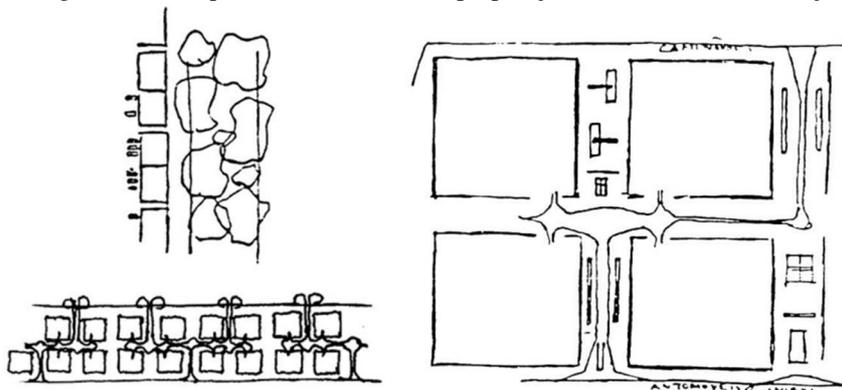
Para a escala cotidiana, segundo Romero (2001), as superquadras são constituídas de áreas verdes com dimensões aproximadas de 250 metros longitudinais por 250 metros latitudinais. Em seu interior são implantados os edifícios residenciais. O solo, por sua vez é público, desta forma, não há cercas ou muros nas edificações. Os vazios estão preenchidos por gramados, que podem ocupar até 84% da área total.

Figura 10 - Croqui de Lúcio Costa – Vista da superquadra apresentado ao concurso



Fonte: FERREIRA, M. M. e GOROVITZ, M; (2008, p. 22)

Figura 11 - Croqui de Lúcio Costa - Superposição de Áreas de Vizinhança



Fonte: FERREIRA, M. M. e GOROVITZ, M; (2008, p. 22)

Todas as Superquadras compartilham o mesmo dimensionamento, densidade, cinta arborizada periférica, gabarito de seis pavimentos e, dentre essas normas, destaca-se a adoção de pilotis, que liberam o solo de obstáculos, tornando-o desimpedido e transponível – espaço de conciliação do domínio público e privado. (FERREIRA e GOROVITZ, 2008 p.27)

As Asas Sul e Norte do Plano Piloto seguem uma lógica numérica de três dígitos, são divididas latitudinalmente pelo eixão, abaixo do eixão tem-se o Eixo L (Leste) seguido das superquadras com número iniciais pares, tais como 200 e 400. Acima do eixão, tem-se o Eixo W (Oeste), seguido das superquadras com número iniciais ímpares, tais como 100 e 300. Além disso, são também numeradas sequencialmente de maneira longitudinal, alternando somente os dois últimos dígitos, variando de 2 a 16 sequencialmente, indicando a quantas quadras se está do eixo monumental.

Figura 12 – Divisão das superquadras no Plano Piloto



Fonte: FERREIRA, M. M. e GOROVITZ, M; (2008, p. 124 e 410). Adaptado pelo autor (2021).

As superquadras residenciais, intercaladas pelas entrequadras (comércio local, recreio, equipamentos de uso comum), se sucedem, regular e linearmente dispostas ao longo dos 6 km de cada ramo do eixo arqueado – Eixo Rodoviário-Residencial. A escala definida por esta sequência entrosa-se com a escala monumental não apenas pelo gabarito das edificações como pela definição geométrica do território de cada quadra através da arborização densa da faixa verde que a delimita e lhe confere cunho de “pátio interno urbano” (Lucio Costa, Brasília revisitada 1985/87).

Vale destacar que a tipologia de pilotis e gabarito de seis pavimentos é observada nas superquadras 100, 200 e 300. Entretanto, nas superquadras 400 há a restrição de altura, desta forma, tem-se edificações compostas de térreo e até três pavimentos.

Através das definições: gabarito de até seis pavimentos, pilotis, área arborizada e separação do tráfego de veículos do trânsito de pedestres, obteve-se a identidade visual da superquadra. A tipologia dos edifícios residenciais das superquadras foi classificada ainda de forma geral em duas categorias, os edifícios “vazados” e os “não vazados”. O edifício classificado como “vazado” seria aquele em que a unidade privativa se estende de uma fachada até a outra, possibilitando a ocorrência de ventilação cruzada e domínio visual da vizinhança. Já os edifícios classificados como “não vazados” são aqueles que possuem 2 unidades privativas entre a fachada anterior e posterior, sendo assim, não há ocorrência de ventilação cruzada nas unidades e tem-se limitação da vista para o sentido da fachada em que a unidade está voltada.

Quanto a arquitetura, a implantação de edificações nas superquadras variam de acordo com as propostas dos arquitetos, permitindo diversas soluções arquitetônicas julgadas convenientes e trazendo diversidade visual entre as superquadras, desde que alguns princípios fossem respeitados, tais como: não exceder a área máxima ou projeção estabelecida, máximo de até seis pavimentos e pilotis livres.

Para Carlos Madson Reis:

A superquadra é a mais importante contribuição de Brasília à história do urbanismo mundial. Lucio Costa, ao romper com a estrutura do quarteirão convencional, abrindo-o e transformando-o em um amplo bosque entremeado por blocos residenciais multifamiliares, de até seis pavimentos em pilotis livres, liberando o chão para uso público indistinto, concebeu uma nova maneira de morar em área urbana, estruturada no que ele denominou de escala residencial ou cotidiana. Essa proposta, passados 56 anos, não só foi assimilada e valorizada pela população, como se tornou um componente urbanístico indissociável da cidade. Falar em superquadra é falar de Brasília (IPHAN, 2015, p. 10).

Ressalta-se que, na escala cotidiana, as edificações residenciais *per se* não são tombadas, entretanto, estão edificadas em sítio tombado. Quaisquer outras mudanças como transformar as quadras em quarteirões, construir grandes edifícios em altura, seria descaracterizar completamente a ideia fundamental do Plano Piloto de Brasília.

Figura 13 - Conjunto Urbanístico de Brasília



Fonte: Acervo do Iphan, foto de Nelson Kon⁴.

2.2 ABNT NBR 15575:2013 - DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS

Sua primeira versão surgiu em 2008, prevista para entrar em vigor no ano de 2010. Inicialmente se tratava de normativas restritas a edificações residenciais de até cinco pavimentos, entretanto, um grande contingente de empresas e profissionais solicitaram a realização de novas discussões, além de dilatação no prazo para adaptação às exigências.

Após expressivo número de sugestões de modificações recebidas pelo grupo revisor da ABNT, diversas audiências públicas e análise das sugestões e críticas, uma nova versão da norma entrou em vigor na data de 19 de julho de 2013, desta vez, não mais restrita ao número de pavimentos. Ressalta-se que a norma ainda possui requisitos aplicáveis somente para edificações de até cinco pavimentos, entretanto, estes são especificados em suas respectivas seções.

Esta norma surgiu não para substituir as normas prescritivas, as quais estabeleciam requisitos baseados em produtos consagrados ou procedimentos, mas para complementá-las, através da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas), e métodos de avaliação. Abordando também temas como manutenibilidade do imóvel e durabilidade dos sistemas.

De acordo com Oliveira (2016):

⁴ Disponível em: < <http://portal.iphan.gov.br/df/noticias/detalhes/3589/tombamento-de-brasilia-e-reforcado-por-nova-regulamentacao-do-iphan>>. Acesso em 05 de abr. 2021.

É a primeira vez que uma norma brasileira associa a qualidade dos materiais e dos serviços aos seus resultados, com regras claras de como fazer essa avaliação. A NBR 15575 divide a responsabilidade entre fabricantes, projetistas, construtoras e usuários e garante que o consumidor tenha respaldo jurídico para obter um produto de qualidade. (OLIVEIRA, 2016 p. 32)

A norma ABNT NBR 15575:2013 foi dividida em seis partes, sendo estas:

- I. ABNT NBR 15575-1 - Parte 1: Requisitos gerais;
- II. ABNT NBR 15575-2 - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- III. ABNT NBR 15575-3 - Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- IV. ABNT NBR 15575-4 - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE;
- V. ABNT NBR 15575-5 - Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- VI. ABNT NBR 15575-6 - Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

No decorrer da norma, verifica-se que um dos pontos focais é a análise do comportamento dos sistemas construtivos e seus elementos durante a utilização da edificação. Ela considera também condições exigidas pelos usuários, e segundo Oliveira (2019), seria uma tentativa de elevar a qualidade e durabilidade dos imóveis a partir do manual de operação, uso e manutenção dos sistemas para melhor atender ao mercado consumidor.

De acordo com a norma ABNT NBR 15575-1 (2013, p. 10), sistema é a maior parte funcional do edifício, trata-se de conjunto de elementos e componentes destinados a atender a uma macrofunção que o define. Por exemplo, vigas, pilares e lajes são componentes do sistema estrutura, assim como telhas, calhas e ralos são componentes do sistema de cobertura.

A norma apresenta também conceitos que devem ser fundamentais durante a elaboração dos projetos, tais como:

Vida útil (VU): 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 nesta Norma, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção (a vida útil não pode ser confundida com prazo de garantia legal ou contratual). (ABNT NBR 15575-1, 2013, p. 10).

Vida útil de projeto (VUP): período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado, a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nesta Norma, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o atendimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção. (ABNT NBR 15575-1, 2013, p. 10).

Desta forma, nota-se que esta norma foi um catalizador de mudanças no cenário da construção civil, aumentando drasticamente o padrão mínimo para recebimento de um edifício, uma vez que são também estabelecidos itens relacionados a habitabilidade, segurança e sustentabilidade. Ou seja, não basta que a edificação aparente alguma estabilidade, ela deve demonstrar segurança de uso e operação, segurança estrutural e segurança contra incêndio. Da mesma forma, não basta que apresente habitabilidade mínima para sobrevivência, a edificação deve entregar conforto, estanqueidade, qualidade do ar, acessibilidade e higiene. Além destes, faz-se indispensável que apresente manutenibilidade e durabilidade.

2.3 INSPEÇÃO PREDIAL

As inspeções prediais surgiram nos Estados Unidos no ano de 1975 através de estudiosos que compunham o California Real Estate Inspection Association - CREIA, ao longo dos anos se popularizou e angariou membros em todo o país, e posteriormente, no mundo. No Brasil, acredita-se que o primeiro contato foi através de um trabalho sobre o tema, durante o X Congresso Brasileiro de Avaliações e Perícias – Cobreap, realizado em Porto Alegre no ano de 1999.

A inspeção predial pode ser classificada como um check-up técnico da edificação, onde pode-se avaliar desde um sistema, tal como os revestimentos, a todos os sistemas que englobam a edificação de forma predominantemente sensorial no ato da vistoria. A equipe técnica também pode variar desde um profissional habilitado até uma equipe multidisciplinar, dependendo exclusivamente do escopo da avaliação solicitado pelo gestor do imóvel. Caso se faça necessário o estudo aprofundado de um ou mais sistemas, deve-se proceder à realização de inspeção predial especializada.

Ao longo dos anos, houve normas que moldaram a direcionaram realização da inspeção predial, tais como a norma ABNT NBR 5674:2012 – Manutenção de edificações, ABNT NBR 13752:1996 – Perícias de engenharia na construção civil, ABNT

NBR ISO 5492:2017 – Análise sensorial, além das grandes contribuições realizadas pelo Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia - IBAPE.

No ano de 2020 entrou em vigor a norma ABNT NBR 16747:2020 – Inspeção Predial, onde tem-se a síntese dos conhecimentos acerca dos procedimentos para Inspeção Predial no Brasil, além de diretrizes, nomenclaturas e definições.

2.3.1 ABNT NBR 16747:2020 – Itens a serem avaliados e classificação de irregularidades

Salienta-se que esta norma rege as diretrizes para avaliação predominantemente sensorial das edificações, sendo assim, deve-se considerar que serão identificadas as não conformidades já existentes ou em fase inicial, não contemplando a identificação de anomalias sem sinais aparentes ou que só possam ser identificadas através de ensaios específicos. A Inspeção Predial não deve substituir as inspeções realizadas periodicamente conforme indicado nos programas ou manuais de manutenção das edificações, uma vez que estas são de caráter de preventivo e sua periodicidade é importante para manter e/ou prolongar o desempenho e vida útil dos sistemas e subsistemas.

Segundo os procedimentos de inspeção predial da norma ABNT NBR 16747:2020, deve-se avaliar a edificação para verificar se o imóvel atende as suas funções de acordo com a necessidade dos usuários. Para isso, deve-se verificar se existem indícios de falhas de manutenção, falhas de uso e operação, registro das anomalias e manifestações patológicas nos diversos sistemas, subsistemas e componentes que compõem a edificação. Deve-se levar em conta também a época em que a edificação foi construída, uma vez que há alteração quanto às normas técnicas que estavam em vigor na data de concepção e construção, suas características construtivas, idade atual e vida útil prevista, exposição ambiental da edificação e a expectativa sobre comportamento e uso.

Durante a avaliação de desempenho, deve-se considerar os seguintes fatores:

- a) Segurança
 - I. Segurança estrutural;
 - II. Segurança contra incêndio;
 - III. Segurança no uso e na operação.
- b) Habitabilidade
 - I. Estanqueidade;

- II. Saúde, higiene e qualidade do ar;
 - III. Funcionalidade e acessibilidade.
- c) Sustentabilidade
- I. Durabilidade;
 - II. Manutenibilidade.

Quanto às irregularidades identificadas, deve-se também classificar entre anomalias ou falhas através dos seguintes conceitos:

- a) Anomalias: perda de desempenho de elemento, subsistema ou sistema construtivo, podendo ser classificado em:
 - I. Endógena ou construtiva: decorrente de etapa de projeto ou execução;
 - II. Exógena: ocasionado por fatores externos à edificação ou terceiros;
 - III. Funcional: decorrente de envelhecimento natural e proximidade do fim de vida útil da edificação.
- b) Falhas: quando a perda de desempenho de elemento, subsistema ou sistema construtivo é ocasionada por uso, operação e manutenção.
- c) Durante a inspeção, se não houver indícios suficientes para definir se a irregularidade é classificada como anomalia ou falha, o inspetor deve recomendar a análise aprofundada e específica da irregularidade.

2.3.1.1 Recomendações e organização de prioridades

De acordo com a Norma de Inspeção Predial ABNT NBR 16747 (2020, p. 8)

As recomendações técnicas para correção das anomalias, falhas de uso, operação ou manutenção e/ou não conformidades com a documentação analisada, constatadas durante o processo de inspeção predial devem ser apresentadas de forma clara e acessível, possibilitando fácil compreensão ao responsável legal, gestor, síndico ou proprietário. Recomenda-se indicar manuais, ilustrações e normas pertinentes para facilitar as futuras providências do contratante. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020, p. 8)

Dentre as recomendações técnicas, em caso de necessidade investigativa aprofundada de irregularidade, pode-se também indicar a contratação de profissional especialista para realização de inspeção predial especializada, ou a requisição de ensaios e serviços técnicos complementares.

Para indicação de correção das não conformidades identificadas, deve-se classificar a não conformidade em prioridade 1, prioridade 2 ou prioridade 3.

Sendo prioridade 1 quando ações são necessárias para evitar considerável redução de desempenho da edificação que possa comprometer a segurança e/ou funcionalidade e/ou saúde dos usuários, assim como essas perdas possam gerar riscos ao meio ambiente.

Prioridade 2 quando as ações são necessárias para evitar perda parcial de desempenho, seja esta real ou potencial, mas sem prejuízo ao funcionamento da edificação, podendo este manter sua operação e não comprometer a saúde e segurança dos usuários.

E por fim, classificado como prioridade 3 quando as ações necessárias têm objetivo de evitar prejuízo estético ou são atividades que possam ser programadas para um futuro próximo, sem risco de comprometer o valor e/ou operação direta do imóvel ou a saúde e segurança dos usuários.

2.3.2 Norma Holandesa

O Dutch Standard (Padrão Holandês) foi uma iniciativa que surgiu no ano de 2002, criado pela Dutch Government Buildings Agency, com a intenção de padronizar a avaliação de condições dos edifícios durante a vistoria realizada por inspetores profissionais, assim como melhorar e facilitar a troca de informações entre os administradores dos imóveis e as organizações. Para Straub:

Ao usar o padrão para avaliação de condições, os inspetores de edificações podem fornecer aos gerentes de propriedades dados objetivos sobre as condições dos componentes do edifício. Dados de condição agregados podem ser usados para definir metas de condição para ativos construídos e para benchmarking⁵. (STRAUB, 2009, p. 23, tradução nossa)

Segundo Pantoja (2020), a aplicação desta norma durante a avaliação conduz a real descrição do estado de conservação do objeto avaliado, uma vez que esta norma para inspeção predial foi elaborada de forma que possa ser aplicada a todos os elementos de uma edificação.

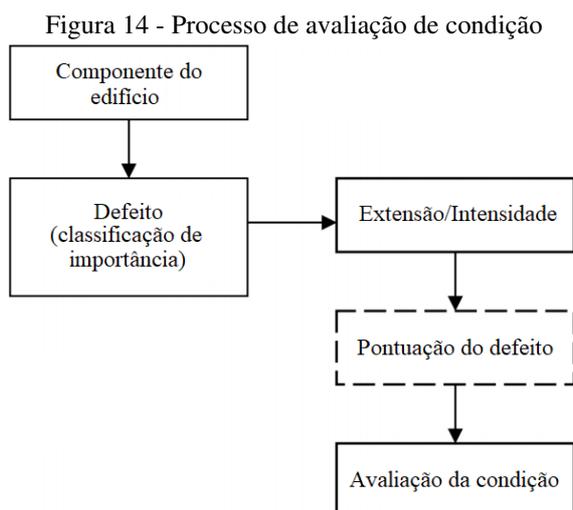
2.3.2.1 Processo de avaliação de condições

De acordo com Straub, primeiramente é realizada a avaliação dos defeitos, de modo que seja possível formular atividades de manutenção ou estimar os custos

⁵ By using the standard for condition assessment, building inspectors can provide property managers with objective data about the condition status of building components. Aggregated condition data could be used for setting condition targets for built assets and for benchmarking.

necessários para resolução destes. Em seguida, o inspetor deve classificar os seguintes parâmetros de condição: Importância dos defeitos, intensidade dos defeitos e extensão dos defeitos.

A extensão e intensidade de um defeito combinadas à sua importância geram uma classificação de condição, originando uma pontuação como produto intermediário, conforme visto na Figura 14.



Fonte: STRAUB, A; (2009, p. 27). Adaptado pelo autor (2021).

Para o método padronizado, foi tomada como base uma escala de seis pontos à fim de classificar a condição geral do componente, vide Tabela 1:

Tabela 1 - Norma holandesa para avaliação de condições de edifícios em seis pontos

Avaliação de condição	Descrição geral de condição
1	Excelente
2	Bom
3	Razoável
4	Ruim
5	Grave
6	Péssimo

Fonte: STRAUB, A; (2009, p. 26). Adaptado pelo autor (2021).

2.3.2.2 Importância dos defeitos

A mensuração da importância do defeito é realizada em função do funcionamento dos componentes do edifício. A importância dos defeitos pode ser classificada em leve, grave ou crítica segundo a norma.

Os defeitos considerados como leves são aqueles identificados nos acabamentos, tais como os revestimentos, ou defeitos que ocorram em elementos terciários ocasionados pelo decorrer do tempo, de forma que não prejudiquem o funcionamento de um componente.

Defeitos graves são as anomalias que degradam gradualmente o componente construtivo, mas não necessariamente prejudicam o seu desempenho. Geralmente ocasionados ainda nas superfícies dos componentes.

Defeitos críticos são aqueles que ameaçam significativamente o funcionamento do componente construtivo chave. Podem ser ocasionados por defeitos intrínsecos do material, tais como corrosão e apodrecimento da madeira estrutural. São defeitos que ameaçam a estabilidade do edifício, por exemplo, abalando sua estrutura.

Um esquema da classificação de importância pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação de importância dos defeitos

Importância	Tipo	Explicação
Leve	Manutenção ¹ Acabamento Qualidade básica e envelhecimento de componentes terciários Deterioração ²	Defeitos pequenos não prejudicam a função de um componente da construção
Grave	Funcional pouco importante Superfície do material Qualidade básica e envelhecimento de componentes secundários	Defeitos graves significam degradação de um componente da construção sem prejudicar diretamente a sua função
Crítica	Funcional básico Básico da construção Intrínseco do material Qualidade dos componentes principais	Defeitos críticos prejudicam diretamente a função de um componente da construção
Notas: ¹ As ações de manutenção para manter o componente de construção em uso não foram executadas, exemplo, limpeza e testes legais; ² Avaliação da condição com base na vida teórica do componente, isso pode ser aplicado se a condição não puder ser avaliada visualmente.		

Fonte: STRAUB, A; (2009, p. 28). Adaptado pelo autor (2021).

2.3.2.3 Intensidade dos defeitos

A intensidade dos defeitos tem relação com o processo de degradação, influenciando fortemente a condição dos componentes construtivos. Estes foram divididos em três classificações: Baixa, média e alta. As classificações estão diretamente relacionadas à tendência de piora dos elementos, como pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação de intensidade dos defeitos

Classe de intensidade	Nomeação	Descrição
Intensidade 1	Baixa	O defeito é quase imperceptível a olho nu
Intensidade 2	Média	O defeito está em fase de progressão
Intensidade 3	Alta	O defeito não tem como progredir além

Fonte: STRAUB, A; (2009, p. 29). Adaptado pelo autor (2021).

2.3.2.4 Extensão dos defeitos

A extensão dos defeitos assim como seu nome sugere, faz alusão à extensão do defeito em relação ao componente avaliado. Foi normatizada sua classificação em cinco etapas, sendo estas relacionadas à uma porcentagem da extensão do defeito, ou seja, variando de Extensão 1 quando a extensão do defeito é inferior a 2% do elemento e Extensão 5 quando o defeito ocorre em área superior a 70% do elemento, conforme visto no Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação de extensão dos defeitos

Classe de extensão	Porcentagem	Descrição
Extensão 1	<2	O defeito ocorre incidentalmente
Extensão 2	02-10	Os defeitos ocorrem localmente
Extensão 3	10-30	Os defeitos ocorrem regularmente
Extensão 4	30-70	Os defeitos ocorrem com frequência
Extensão 5	≥70	O defeito ocorre de forma generalizada

Fonte: STRAUB, A; (2009, p. 29). Adaptado pelo autor (2021).

2.3.2.5 Matrizes de classificações de condições resultantes

Após a classificação de importância, intensidade e extensão de um defeito do componente, pode-se gerar a matriz de classificação de condição resultante.

A matriz a ser utilizada varia de acordo com a importância do defeito, ou seja, uma matriz para defeitos leves, uma para defeitos graves e outra para defeitos críticos. Conforme quadros a seguir:

Quadro 4 – Matriz de resultados para defeitos leves

Intensidade	Extensão				
	<2%	2%-10%	10%-30%	30%-70%	>=70%
1 Baixa	1	1	1	1	2
2 Média	1	1	1	2	3
3 Alta	1	1	2	3	4

Fonte: STRAUB, A; (2009, p. 30). Adaptado pelo autor (2021).

Quadro 5 - Matriz de resultados para defeitos graves

Intensidade	Extensão				
	<2%	2%-10%	10%-30%	30%-70%	>=70%
1 Baixa	1	1	1	2	3
2 Média	1	1	2	3	4
3 Alta	1	2	3	4	5

Fonte: STRAUB, A; (2009, p. 30). Adaptado pelo autor (2021).

Quadro 6 - Matriz de resultados para defeitos críticos

Intensidade	Extensão				
	<2%	2%-10%	10%-30%	30%-70%	>=70%
1 Baixa	1	1	2	3	4
2 Média	1	2	3	4	5
3 Alta	2	3	4	5	6

Fonte: STRAUB, A; (2009, p. 30). Adaptado pelo autor (2021).

2.3.2.6 Parametrização do método

A fim de facilitar o entendimento da classificação dos resultados, pode-se realizar a parametrização do método. Uma vez que os resultados são classificados pelos valores de um a seis, considera-se o valor máximo equivalente a 100%, ou seja, igual a 1. Sendo assim, cada valor da matriz é multiplicado pela fração de $\frac{1}{6}$. Desta forma, obtém-se as seguintes matrizes:

Quadro 7 – Matriz parametrizada de resultados para defeitos leves

Intensidade	Extensão				
	1	2	3	4	5
	<2%	2%-10%	10%-30%	30%-70%	>=70%
1 Baixa	0,17	0,17	0,17	0,17	0,33
2 Média	0,17	0,17	0,17	0,33	0,5
3 Alta	0,17	0,17	0,33	0,5	0,67

Fonte: SANTORO, A. M. C.; (2019, p. 68). Adaptado pelo autor (2021).

Quadro 8 - Matriz parametrizada de resultados para defeitos graves

	Extensão				
	1	2	3	4	5
Intensidade	<2%	2%-10%	10%-30%	30%-70%	>=70%
1 Baixa	0,17	0,17	0,17	0,33	0,5
2 Média	0,17	0,17	0,33	0,5	0,67
3 Alta	0,17	0,33	0,5	0,67	0,83

Fonte: SANTORO, A. M. C.; (2019, p. 68). Adaptado pelo autor (2021).

Quadro 9 - Matriz parametrizada de resultados para defeitos críticos

	Extensão				
	1	2	3	4	5
Intensidade	<2%	2%-10%	10%-30%	30%-70%	>=70%
1 Baixa	0,17	0,17	0,33	0,5	0,67
2 Média	0,17	0,33	0,5	0,67	0,83
3 Alta	0,33	0,5	0,67	0,83	1

Fonte: SANTORO, A. M. C.; (2019, p. 68). Adaptado pelo autor (2021).

Desta forma, tem-se a seguinte classificação de condição geral do componente:

Tabela 2 – Classificação parametrizada de condição geral

Avaliação de condição	Descrição geral de condição
0,17	Excelente
0,33	Bom
0,5	Razoável
0,67	Ruim
0,83	Grave
1	Péssimo

Fonte: Autor (2021).

2.4 MODELOS PARA AVALIAÇÃO DE DEPRECIÇÃO

Conforme classificado no glossário do IBAPE de São Paulo, depreciação consiste na perda de valor de um bem devido a modificações em seu estado ou qualidade. A depreciação física consiste na perda de valor em função do desgaste das partes constitutivas de benfeitorias, que por sua vez podem ser ocasionadas por decrepitude, deterioração ou mutilação. Outro fator que impacta a depreciação é o obsolescimento, seja esse funcional ou tecnológico.

De acordo com Pinto (2011), o comportamento dos materiais, a interação deles no ambiente em que estão inseridos e os mecanismos de degradação estão intrinsecamente relacionados aos estudos de durabilidade e de concepção de metodologias para integrar o aspecto de durabilidade aos projetos.

Segundo a ISO 15686-1 (2011), a degradação de elementos empregados durante a construção que sejam insubstituíveis ou que possuam valor demasiado elevado para substituição é um fator limitante da vida útil do edifício no decorrer de seu ciclo de vida. Esta norma também define a degradação como a redução de desempenho de componente, material ou produto no decorrer do tempo através de alterações em suas composições ou propriedades.

Com a intenção de viabilizar a quantificação da depreciação de um bem, diversos métodos foram propostos ao longo dos anos. Inicialmente, para o cálculo da depreciação considerava-se somente a idade da edificação e sua vida útil de projeto. Entretanto, conforme aprofundavam-se os estudos, verificou-se a necessidade de coletar outras informações complementares, tais como: estado de conservação, presença de anomalias e intensidade destas, se as anomalias afetam componentes estruturais ou somente causam dano estético etc. Entre os métodos conhecidos, tem-se:

2.4.1 Método Linear

Foram desenvolvidos diversos métodos para mensurar a depreciação mundo afora, um destes é o Modelo de Depreciação Linear, amplamente utilizado devido a sua facilidade de aplicação, que por sua vez, não se restringe somente aos imóveis, mas também a equipamentos etc.

O método de depreciação linear consiste no cálculo do fator de depreciação através do valor da idade atual dividida pela Vida Útil de Projeto (VUP). Sendo assim:

$$k = \frac{u}{n} \quad (1)$$

Onde:

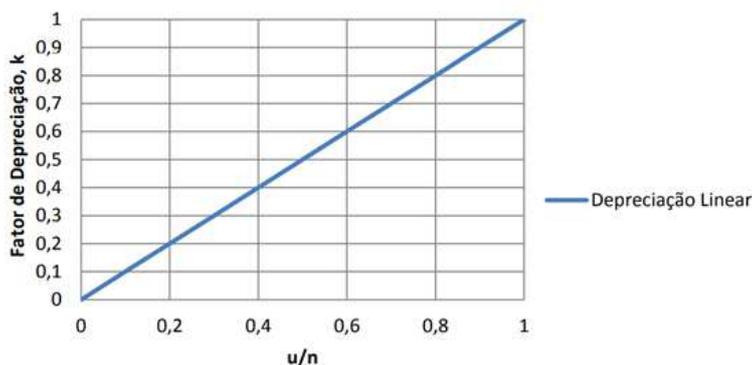
k – Fator de depreciação acumulada;

u – Idade atual;

n – Vida útil de projeto.

Essa equação se comporta graficamente como uma reta, como pode ser observado na Figura 15, sendo esta a origem de sua nomenclatura.

Figura 15 - Representação gráfica da depreciação linear.



Fonte: PIMENTA, J. C; (2011, p. 23). Adaptado pelo autor (2021).

2.4.2 Método Exponencial

Acreditando-se que a depreciação nos imóveis não ocorre de maneira retilínea, mas sim de forma mais lenta nos primeiros anos de vida da edificação, e se tornando mais abrupta conforme a idade do imóvel se aproxima de sua VUP, foi então sugerido um novo método de cálculo de depreciação, sendo este conhecido como depreciação exponencial. Este método também consiste no cálculo do fator de depreciação através do valor da idade atual dividida pela VUP, entretanto, esse valor é elevado ao quadrado. Expresso por:

$$k = \left(\frac{u}{n}\right)^2 \quad (2)$$

Onde:

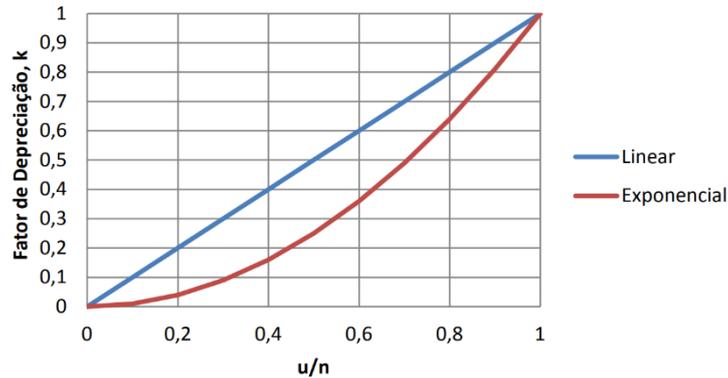
k – Fator de depreciação acumulada;

u – Idade atual;

n – Vida útil de projeto.

Sendo assim, graficamente temos uma parábola onde nos primeiros anos de vida tem-se baixa depreciação, e conforme se aproxima do fim de sua vida útil de projeto, tem-se rápido crescimento da depreciação. Uma comparação entre os métodos pode ser observada na Figura 16.

Figura 16 - Comparativo entre método linear e exponencial



Fonte: PIMENTA, J. C; (2011, p. 25). Adaptado pelo autor (2021).

2.4.3 Método de Ross

Apesar de o método exponencial traduzir a não linearidade da depreciação, este ainda era considerado pouco gravoso. Foi então apresentada a metodologia de Ross, que por sua vez consiste na média aritmética entre as fórmulas de depreciação linear e exponencial, expressa por:

$$k = \frac{1}{2} \cdot \left[\left(\frac{u}{n} \right) + \left(\frac{u}{n} \right)^2 \right] \quad (3)$$

Onde:

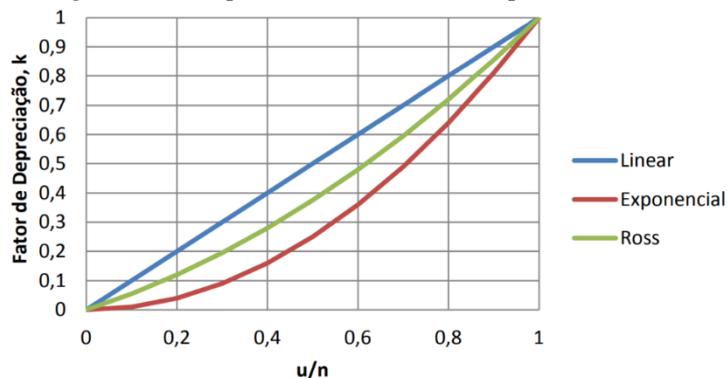
k – Fator de depreciação acumulada;

u – Idade atual;

n – Vida útil de projeto.

Graficamente, obtém-se uma parábola com valores médios de depreciação superior ao do método exponencial e inferiores ao método linear, como pode ser observado na Figura 17.

Figura 17 - Comparativo método linear, exponencial e Ross



Fonte: PIMENTA, J. C; (2011, p. 26). Adaptado pelo autor (2021).

2.4.4 Método de Heidecke

Um método para cálculo de depreciação que leva em conta somente o estado de conservação da edificação, diferentemente das metodologias apresentadas anteriormente, este método não considera a idade do imóvel nem sua vida útil. O coeficiente de depreciação (K) é dado em função do estado de conservação, que por sua vez pode ser determinado com recurso do quadro a seguir:

Quadro 10 - Classificação do estado de conservação

<i>Estado de Conservação</i>	<i>(K)</i>	<i>Descrição</i>
A: Novo	0,00%	Desgaste natural de pintura externa
B: Novo/Regular	0,32%	Necessidade de demão de tinta
C: Regular	2,52%	Reparos eventuais / superficiais
D: Regular/Reparos Simples	8,09%	Reparos de fissuras localizadas superficiais e pintura
E: Reparos Simples	18,10%	Reparos de fissuras superficiais generalizadas, sem recuperação do sistema estrutural
F: Reparos Simples/Reparos Importantes	33,20%	Revisão de impermeabilização, revestimentos, instalações hidráulicas e elétricas e pinturas
G: Reparos Importantes	52,60%	Estado geral pode ser recuperado com pintura interna e externa, com substituição de panos de regularização da alvenaria, reparos de fissuras, com estabilização e/ou recuperação de grande parte do sistema estrutural. As instalações hidráulicas e elétricas possam ser restauradas mediante a substituição das peças aparentes. A substituição dos revestimentos de pisos e paredes da maioria dos compartimentos. Substituição ou reparos importantes na impermeabilização ou no telhado.
H: Reparos Importantes/Sem Valor	75,20%	Estado geral pode ser recuperado com estabilização e/ou recuperação do sistema estrutural, substituição da regularização da alvenaria, reparos de fissuras. Substituição das instalações hidráulicas e elétricas. Substituição dos revestimentos de pisos e paredes. Substituição da impermeabilização ou do telhado.
I: Sem Valor	100,00%	Edificação em estado de ruína

Fonte: Pereira (2013) apud Belzega (2000). Adaptado pelo autor (2021).

2.4.5 Método de Ross-Heidecke

O método de Ross-Heidecke surge através da combinação dos dois métodos, o método de Ross, que por sua vez já é um produto da combinação de outros dois métodos, sendo estes o Método Linear e o Método Exponencial, que se utilizam de dados como vida útil de projeto e idade atual, e agora acrescido de uma nova variável, sendo esta introduzida pelo método de Heidecke, incluindo o coeficiente de Heidecke, que por sua vez é proveniente do estado de conservação da edificação.

Foi gerado um quadro onde é possível relacionar o estado de conservação com a idade da edificação, para isso, é necessário dividir a idade atual do edifício pela vida útil de projeto. Assim, obtém-se a porcentagem de vida útil decorrida do edifício. Com esse dado, pode-se cruzar com a coluna equivalente ao seu estado de conservação para obter o valor k , referente ao coeficiente de depreciação da edificação. Conforme visto no Quadro 11.

Quadro 11 – Quadro de Ross Heidecke (% de vida relacionada ao estado de conservação)

Idade em % de Vida (I)	ESTADO DE CONSERVAÇÃO								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2%	1,02	1,34	3,51	9,03	18,94	33,88	53,08	75,45	100,00
4%	2,08	2,39	4,55	10,00	19,80	34,59	53,59	75,72	100,00
6%	3,18	3,49	5,62	11,01	20,70	35,32	54,11	75,99	100,00
8%	4,32	4,63	6,73	12,06	21,64	36,09	54,65	76,27	100,00
10%	5,50	5,80	7,88	13,15	22,60	36,87	55,21	76,56	100,00
12%	6,72	7,02	9,07	14,27	23,60	37,69	55,79	76,87	100,00
14%	7,98	8,27	10,30	15,42	24,64	38,53	56,38	77,18	100,00
16%	9,28	9,57	11,57	16,62	25,70	39,40	57,00	77,50	100,00
18%	10,62	10,91	12,87	17,85	26,80	40,29	57,63	77,83	100,00
20%	12,00	12,28	14,22	19,12	27,93	41,22	58,29	78,18	100,00
22%	13,42	13,70	15,60	20,42	29,09	42,16	58,96	78,53	100,00
24%	14,88	15,15	17,03	21,77	30,29	43,14	59,65	78,89	100,00
26%	16,38	16,65	18,49	23,14	31,52	44,14	60,36	79,26	100,00
28%	17,92	18,18	19,99	24,56	32,78	45,17	61,09	79,64	100,00
30%	19,50	19,76	21,53	26,01	34,07	46,23	61,84	80,04	100,00
32%	21,12	21,37	23,11	27,50	35,40	47,31	62,61	80,44	100,00
34%	22,78	23,03	24,73	29,03	36,76	48,42	63,40	80,85	100,00
36%	24,48	24,72	26,38	30,59	38,15	49,55	64,20	81,27	100,00
38%	26,22	26,46	28,08	32,19	39,57	50,71	65,03	81,70	100,00
40%	28,00	28,23	29,81	33,82	41,03	51,90	65,87	82,14	100,00
42%	29,82	30,04	31,59	35,50	42,52	53,12	66,73	82,60	100,00
44%	31,68	31,90	33,40	37,21	44,05	54,36	67,62	83,06	100,00
46%	33,58	33,79	35,25	38,95	45,60	55,63	68,52	83,53	100,00
48%	35,52	35,73	37,14	40,74	47,19	56,93	69,44	84,01	100,00
50%	37,50	37,70	39,08	42,56	48,81	58,25	70,38	84,50	100,00
52%	39,52	39,71	41,04	44,41	50,47	59,60	71,33	85,00	100,00
54%	41,58	41,77	43,05	46,31	52,15	60,98	72,31	85,51	100,00
56%	43,68	43,86	45,10	48,24	53,87	62,38	73,30	86,03	100,00
58%	45,82	45,99	47,19	50,20	55,63	63,81	74,32	86,56	100,00
60%	48,00	48,17	49,31	52,21	57,41	65,26	75,35	87,10	100,00
62%	50,22	50,38	51,47	54,25	59,23	66,75	76,40	87,65	100,00
64%	52,48	52,63	53,68	56,32	61,08	68,26	77,48	88,22	100,00
66%	54,78	54,92	55,92	58,44	62,96	69,79	78,57	88,79	100,00
68%	57,12	57,26	58,20	60,59	64,88	71,36	79,67	89,37	100,00
70%	59,50	59,63	60,52	62,78	66,83	72,95	80,80	89,96	100,00
72%	61,92	62,04	62,88	65,00	68,81	74,56	81,95	90,56	100,00
74%	64,38	64,49	65,28	67,26	70,83	76,21	83,12	91,17	100,00
76%	66,88	66,99	67,71	69,56	72,87	77,88	84,30	91,79	100,00
78%	69,42	69,52	70,19	71,89	74,95	79,57	85,51	92,42	100,00
80%	72,00	72,09	72,71	74,27	77,07	81,30	86,73	93,06	100,00
82%	74,62	74,70	75,26	76,67	79,21	83,05	87,97	93,71	100,00
84%	77,28	77,35	77,85	79,12	81,39	84,82	89,23	94,37	100,00
86%	79,98	80,04	80,48	81,60	83,60	86,63	90,51	95,04	100,00
88%	82,72	82,78	83,16	84,12	85,85	88,46	91,81	95,71	100,00
90%	85,50	85,55	85,87	86,67	88,12	90,31	93,13	96,40	100,00
92%	88,32	88,36	88,61	89,26	90,43	92,20	94,46	97,10	100,00
94%	91,18	91,21	91,40	91,89	92,78	94,11	95,82	97,81	100,00
96%	94,08	94,10	94,23	94,56	95,15	96,05	97,19	98,53	100,00
98%	97,02	97,03	97,10	97,26	97,56	98,01	98,59	99,26	100,00
100%	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Pereira (2013). Adaptado pelo autor (2021).

A fórmula de Ross-Heidecke pode ser expressa matematicamente por:

$$k = \frac{1}{2} \cdot \left[\left(\frac{u}{n} \right) + \left(\frac{u}{n} \right)^2 \right] + \left[1 - \left(\frac{1}{2} \cdot \left(\left(\frac{u}{n} \right) + \left(\frac{u}{n} \right)^2 \right) \right) \right] \cdot C \quad (4)$$

Onde:

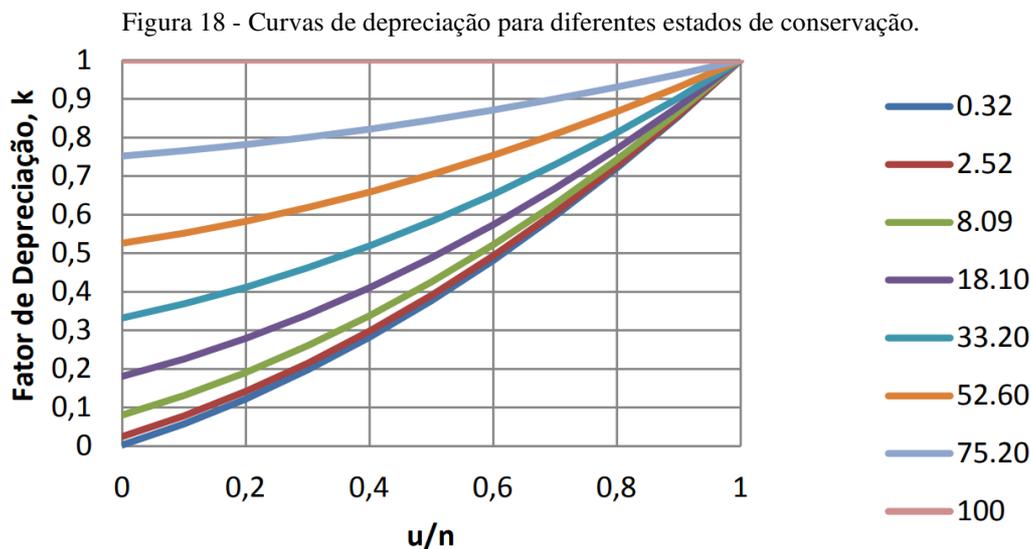
k – Fator de depreciação acumulada;

u – Idade atual do edifício;

n – Vida útil de projeto;

C – Coeficiente de Heidecke.

Diferentemente dos demais métodos, a expressão gráfica desta fórmula não é expressa por apenas uma linha, mas sim uma linha para cada estado de conservação, variando de novo a sem valor, conforme visto na Figura 18.



Fonte: PIMENTA, J. C; (2011, p. 29). Adaptado pelo autor (2021).

2.4.5.1 Método proposto por Pimenta (2011)

Segundo Oliveira, Pantoja e Santoro (2017), este método procura calcular a depreciação física de um imóvel a partir da soma das partes, sendo esta realizada através de valoração da depreciação individual dos elementos construtivos e da porcentagem no valor total da edificação que cada elemento representa.

Para cálculo de depreciação da edificação, deve-se primeiro definir a estrutura de custo para a tipologia da edificação a ser analisada. Pimenta verifica a estrutura de custo da edificação conforme indicado no livro “Edifícios de Habitação – Caracterização e Estimativa Técnico-Económica” do autor Artur Adriano Alves Belzega, 1984.

Figura 19 - Exemplo de uma estrutura de custos de construção

**ESTRUTURAS DE CUSTOS EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO
PROPOSTA FINAL**

GRUPO 1 - EDIFÍCIOS COM ESTRUTURA RETICULADA EM BETÃO ARMADO

Classe 1.1 - Moradias unifamiliares com 1 piso
Classe 1.2 - Moradias unifamiliares com 2 pisos (apenas de habitação)
Classe 1.3 - Moradias unifamiliares com 2 pisos (1ª piso - c/anexos; 2ª piso - habitação)

CAPÍTULOS E ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO		Cl.1.1	Cl.1.2	Cl.1.3
1	MOVIMENTO DE TERRAS	3,0	1,2	4,0
2	FUNDAÇÕES	9,0	7,0	6,5
2.1	Fundações propriamente ditas	3,6	4,0	1,5
2.2	Pavimento térreo	2,4	1,8	1,5
2.3	Paredes até ao pavimento térreo	3,0	1,2	3,5
3	SUPERESTRUTURA	17,0	18,0	23,0
3.1	Pilares	2,7	3,0	3,6
3.2	Vigas	4,9	5,5	5,7
3.3	Paredes	-	1,2	-
3.4	Lajes e outros elementos	9,4	9,3	13,7
4	ALVENARIAS	10,0	11,0	9,0
4.1	Alvenarias interiores	4,5	4,0	3,5
4.2	Alvenarias exteriores	5,5	7,0	5,5
5	COBERTURA	10,0	7,0	7,0
5.1	Estrutura da cobertura	3,5	2,0	1,5
5.2	Revestimentos e outros elementos	6,5	5,0	5,5
6	VÃOS EXTERIORES	8,0	8,0	11,0
6.1	Quarncimentos	1,1	0,9	3,1
6.2	Caixilhos e portas (incluindo arcos)	4,7	4,5	5,6
6.3	Vidros	0,6	0,6	0,5
6.4	Estores ou outras protecções	1,6	2,0	1,8
7	VÃOS INTERIORES	3,5	3,9	1,0
7.1	Arcos	0,7	0,9	0,3
7.2	Guarnecimentos	2,8	3,0	0,7
7.3	Portas	2,2	2,7	1,5
8	REDE DE ÁGUAS	1,4	1,7	0,9
8.1	Canalizações	0,8	1,0	0,6
8.2	Torneiras	4,0	3,7	3,0
9	INSTALAÇÕES DE ESGOTOS E VENTILAÇÕES	1,9	1,2	1,5
9.1	Fossa séptica	1,4	1,5	1,0
9.2	Tubagem de esgoto e ventilação	0,7	1,0	0,5
9.3	Outros elementos	4,0	4,3	4,0
10	INSTALAÇÃO ELÉCTRICA	1,5	1,4	1,7
10.1	Tubagem e caixas	1,0	1,0	1,3
10.2	Enfiamentos	1,5	1,9	1,0
10.3	Outros elementos	-	-	-
11	ELEVADORES	-	-	-
11.1	Portas e guias	-	-	-
11.2	Cabine e máquinas	-	-	-
12	REVESTIMENTO DE ESCADAS E GALERIAS	1,2	1,8	1,8
12.1	Revestimento de degraus, patins e pavimentos	1,2	1,0	1,5
12.2	Revestimento inicial de paredes e tectos	-	0,4	0,3
12.3	Revestimento final de paredes e tectos	-	0,4	-
13	REVESTIMENTO INICIAL DE PAREDES E TECTOS	6,0	8,8	5,5
13.1	Rebocos interiores (ou rev. inic. int.)	3,3	6,0	2,8
13.2	Rebocos exteriores (ou rev. inic. ext.)	2,7	2,8	2,7
14	REVESTIMENTO FINAL INTERIOR DE PAREDES	4,5	4,8	3,2
14.1	Lambris das zonas húmidas	1,8	2,1	0,9
14.2	Restante revestimento interior das paredes	2,7	2,7	2,3
15	REVESTIMENTO FINAL INTERIOR DOS TECTOS	1,1	1,5	0,8
16	REVESTIMENTO FINAL EXTERIOR	3,3	1,6	3,2
17	REVESTIMENTOS INICIAIS DE PISOS	0,6	0,8	0,4
18	REVESTIMENTO FINAL DE PISO DAS ZONAS SECAS	3,0	3,7	1,3
19	REVESTIMENTO FINAL DE PISO DAS ZONAS HÚMIDAS	1,4	1,1	4,0
20	EQUIPAMENTO DE COZINHA E LAVAGEM	2,8	2,5	2,2
21	EQUIPAMENTO DE CASA DE BANHO	1,4	2,1	0,9
22	DIVERSOS	2,5	2,0	4,2
22.1	Outras carpintarias	0,4	0,4	0,3
22.2	Outras serralharias	0,7	0,4	2,4
22.3	Outras cantarias	0,2	0,2	-
22.4	Roupeiros	1,0	0,9	1,3
22.5	Instalações de evacuação de lixos	-	-	-
22.6	Instalação de gás	-	-	-
22.7	Outros elementos	0,2	0,1	0,2
33	ARRANJOS EXTERIORES	1,5	2,5	2,5
	TOTAL	100,0	100,0	100,0

Fonte: BELZEGA, A. A. A. (1984) apud PIMENTA, J. C; (2011, p. 38).

Com a definição da estrutura de custo, tem-se o fator de importância (Ei) daquele sistema em relação à edificação por inteiro. Em seguida, é verificado o período de vida útil estimado para os elementos de construção.

Tabela 3 - Vida Útil – Exemplo de edifício multifamiliar

Elementos de Construção	Vida Útil (Anos)
Movimento de Terras	250
Fundações	200
Estrutura	100
Alvenarias	100
Cobertura	75
Vãos	30
Instalações	50
Revestimentos	20
Equipamentos	15
Diversos	-
Arranjos Exteriores	15

Fonte: PIMENTA, J. C; (2011, p. 66).

Posteriormente, verifica-se a idade atual da edificação no momento da vistoria. Caso o imóvel não tenha passado por obra de reabilitação ou reforma, considera-se que os elementos construtivos possuem a idade da edificação. Em caso de ocorrência de obra de reabilitação ou reforma, os elementos que foram substituídos ou acrescentados devem possuir idade a contar da data da obra de reforma e/ou reabilitação.

Subsequentemente, deve-se qualificar o estado de conservação (C) de cada elemento da construção avaliado, conforme o quadro de classificação proposto por Heidecke.

Quadro 12 - Estado de conservação - Exemplo de edifício multifamiliar

Elementos de Construção	Estado de Conservação (Qualitativo)	Estado de Conservação
Movimento de Terras	Entre Novo e Regular	0,32%
Fundações	Entre Novo e Regular	0,32%
Estrutura	Regular	2,52%
Alvenarias	Regular	2,52%
Cobertura	Entre Regular e Reparos Simples	8,09%
Vãos	Reparos Simples	18,10%
Instalações	Reparos Simples	18,10%
Revestimentos	Regular	2,52%
Equipamentos	Entre Reparos Simples e Importantes	33,20%
Diversos	-	-
Arranjos Exteriores	Entre Reparos Simples e Importantes	33,20%

Fonte: PIMENTA, J. C; (2011, p. 67).

Para cálculo do fator de depreciação física k , procede-se ao cálculo proposto por Ross-Heidecke através da fórmula (4).

Considerando todos os aspectos avaliados, faz-se o cálculo do valor de depreciação global (k_t), através da multiplicação da depreciação do sistema (k) por sua percentagem de custo do elemento (E_i), conforme observado no Quadro 13:

Quadro 13 - Estrutura de determinação da depreciação física - Modelo proposto por Pimenta

Elementos de Construção	Porcentagem de Custo do Elemento (E_i)	Vida útil (Anos)	Idade Atual (Anos)	Idade em % de Vida Útil	Estado de Conservação	k	Fator de Depreciação Global (k_t)
Movimento de Terras	1,00%	250	11	4,40%	0,32%	0,026	0,294
Fundações	4,00%	200	11	5,50%	0,32%	0,032	
Estrutura	28,00%	100	11	11,00%	2,52%	0,085	
Alvenarias	8,50%	100	11	11,00%	2,52%	0,085	
Cobertura	1,50%	75	11	14,67%	8,09%	0,158	
Vãos	10,50%	30	11	36,67%	18,10%	0,386	
Instalações	16,30%	50	11	22,00%	18,10%	0,291	
Revestimentos	21,30%	20	11	55,00%	2,52%	0,441	
Equipamentos	4,50%	15	11	73,33%	33,20%	0,757	
Diversos	3,90%	-	11	-	-	-	
Arranjos Exteriores	0,50%	15	11	73,33%	33,20%	0,757	

Fonte: PIMENTA, J. C.; (2011, p. 68). Adaptado pelo autor (2021).

2.4.6 Método baseado na norma ABNT NBR 15575:2013 (Galende, 2018)

Este método, diferentemente dos demais, leva em consideração a idade do edifício, a quantidade de não conformidades encontrados nos sistemas avaliados e a criticidade das não conformidades. As não conformidades identificadas são classificadas em função da criticidade, sendo estas categorizadas em mínimo, médio e máximo. Para o nível de criticidade mínimo, o valor é escalado por um. Caso o nível da criticidade seja classificado como médio, o valor é escalado por cinco. E por último, caso o nível de criticidade seja escalado em máximo, o valor é então escalado por 10, vide Quadro 14.

Quadro 14 - Escala de intensidade da não conformidade

Escala		
Criticidade	Mínimo	1
	Médio	5
	Máximo	10

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 67)

Assim, inicia-se o preenchimento do quadro para não conformidades, contendo a quantidade de não conformidades total para cada sistema avaliado, quantidade e porcentagem de não conformidades por categoria de criticidade, e por fim os valores das escalas, conforme Figura 20.

Figura 20 - Quadro modelo para não conformidades identificadas

Sistemas	N.C.*	Criticidade							Escalas	
		Mín.	% Min.	Méd.	% Méd.	Máx.	% Máx.	% Total		
Estrutura	a	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
Paredes e Painéis	b									
Cobertura	c									
Pisos	d									
Instalações Hidrossanitárias	e									
Total	(9)	(10)		(11)		(12)		Somatória das escalas ($\sum escalas$)		
		Somatória das não conformidades ($\sum NC$)								

N.C.* = Total de Não conformidades detectadas em cada sistema.

(1) Total de não conformidades de intensidade mínima detectadas em cada sistema
 (2) % do total de não conformidades de intensidade mínima detectadas em cada sistema
 (3) Total de não conformidades de intensidade média detectadas em cada sistema
 (4) % do total de não conformidades de intensidade média detectadas em cada sistema
 (5) Total de não conformidades de intensidade máxima detectadas em cada sistema
 (6) % do total de não conformidades de intensidade máxima detectadas em cada sistema
 (7) Somatória das porcentagens - mínima média e máxima - de cada sistema.
 (8) Somatória dos produtos das não conformidades referentes a cada nível de intensidade – mínimo médio e máximo - pela escala correspondente. Considera-se peso 1 para o nível mínimo; Peso 5 para o nível médio e peso 10 para nível máximo.
 (9) Somatória das não conformidades
 (10) Somatória das não conformidades mínimas
 (11) Somatória das não conformidades médias
 (12) Somatória das não conformidades máximas

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 67)

Após inspecionar edificação, é realizado o preenchimento do quadro modelo para não conformidades identificadas, exposto na Figura 20. Com o quadro preenchido, dá-se início ao cálculo de depreciação. O cálculo de depreciação total é feito através da seguinte equação:

$$D = \left\{ \left[\sqrt[3]{(1 + F_1) \cdot (1 + F_2) \cdot (1 + F_3)} \right] - 1 \right\} \cdot F_4 \quad (5)$$

Onde:

D – Depreciação total;

F_1 – Função da idade;

F_2 – Função do número de Não Conformidades (aspecto quantitativo);

F_3 – Função de intensidade/criticidade de Não Conformidades (aspecto qualitativo);

F_4 – Função de Não Conformidades nos diferentes sistemas (simetria de não conformidades entre os sistemas).

Para cada um dos fatores F_1 , F_2 e F_3 é estabelecida uma escala linear variando entre 0 e 1, com 10 intervalos. Sendo assim, a depreciação varia de 0,1 a 1,0 (10% a 100%), conforme identificado no imóvel analisado.

2.4.6.1 Fator 1: Idade

O cálculo do Fator F_1 é definido pela seguinte equação:

$$F_1 = F_{1A} + F_{1B} \quad (6)$$

Para definir o valor de F_{1A} , é necessário dividir a idade real da edificação pela vida útil de projeto para encontrar a porcentagem de vida útil, sendo assim:

$$\%VU = \frac{u}{n} \quad (7)$$

Onde:

$\%VU$ – Porcentagem de vida útil;

u – Idade real da edificação;

n – Vida útil de projeto.

Com o valor da porcentagem de vida útil conhecido, é possível encontrar o valor correspondente de F_{1A} através do Quadro 15:

Quadro 15 - Valores para o coeficiente F_{1A}

a) Idade				
	Faixa	Intervalo		F_{1A}
1	A	0	10	0,1
2	B	11	20	0,2
3	C	21	30	0,3
4	D	31	40	0,4
5	E	41	50	0,5
6	F	51	60	0,6
7	G	61	70	0,7
8	H	71	80	0,8
9	I	81	90	0,9
10	J	90	100	1,0

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 76)

Para encontrar o valor de F_{1B} , deve-se calcular a seguinte equação:

$$F_{1B} = \frac{\left(\left(\frac{u}{n}\right) \cdot 100 - Z_1\right) \cdot Y_1}{Y_2} \quad (8)$$

Onde:

u – Idade real da edificação;

n – Vida útil de projeto;

Z_1 – Menor valor do intervalo da faixa em que F_{1A} foi enquadrado no Quadro 15;

Y_1 – Intervalo entre as faixas indicadas no Quadro 15, ou seja, é igual a 0,1;

Y_2 – Diferença entre o maior e menor valor de cada faixa, ou seja, este valor é igual a 9.

Após cálculo da equação, verifica-se que $\left(\frac{Y_1}{Y_2}\right) = \left(\frac{0,1}{9}\right) = 0,0111$, sendo este representado pela variável α . Sendo assim, a expressão pode ser simplificada para:

$$F_{1B} = \left(\frac{u}{n}\right) \cdot 100 - Z_1 \cdot \alpha \quad (9)$$

Onde:

u – Idade real da edificação;

n – Vida útil de projeto;

Z_1 – Menor valor do intervalo da faixa em que F_{1A} foi enquadrado Quadro 15;

α – Coeficiente correspondente a $\left(\frac{Y_1}{Y_2}\right) = \left(\frac{0,1}{9}\right) = 0,0111$.

2.4.6.2 Fator 2: Número de Não Conformidades

O Fator 2 é diretamente relacionado à quantidade de não conformidades observadas, expresso pela equação seguinte:

$$F_2 = F_{2A} + F_{2B} \quad (10)$$

Para definir o valor de F_{2A} , deve-se verificar a faixa correspondente ao número de não conformidades identificadas, de acordo com o Quadro 16. Caso o número de não conformidades de um dos sistemas exceda o valor máximo imposto pela faixa correspondente, este deve ser enquadrado na faixa seguinte.

Quadro 16 - Valores para o coeficiente F_{2A}

b) Número de Não Conformidades					
	Faixa	Intervalo		F_{2A}	Observação
1	A	0	5	0,1	No máximo 1 para cada sistema
2	B	6	20	0,2	No máximo 4 para cada sistema
3	C	21	40	0,3	No máximo 8 para cada sistema
4	D	41	60	0,4	No máximo 12 para cada sistema
5	E	61	100	0,5	No máximo 20 para cada sistema
6	F	101	150	0,6	No máximo 30 para cada sistema
7	G	151	200	0,7	No máximo 40 para cada sistema
8	H	201	250	0,8	No máximo 50 para cada sistema
9	I	251	300	0,9	No máximo 60 para cada sistema
10	J	301	-	1,0	

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 77)

O valor de F_{2B} , por sua vez, é definido através da função seguinte:

$$F_{2B} = \frac{((NC_{total}-W)Y_1)}{T} \quad (11)$$

Onde:

NC_{total} – Número total de não conformidades;

W – Menor valor do intervalo de acordo com a faixa em que F_{2A} foi classificado, vide Quadro 16;

T – Diferença entre o menor e maior valor do intervalo conforme faixa em que F_{2A} foi classificado, vide Quadro 16.

2.4.6.3 Fator 3: Intensidade / Criticidade de Não Conformidades

O Fator 3 corresponde à intensidade/criticidade das não conformidades, sua função é expressa pela equação a seguir:

$$F_3 = F_{3A} + F_{3B} \quad (12)$$

Para encontrar o valor correspondente a F_{3A} , deve-se calcular a razão entre a somatória dos valores das escalas pela somatória dos valores totais de não conformidades multiplicado por 10. Conforme a seguinte expressão:

$$\%FI = \frac{\sum escalas}{\sum NC.10} \quad (13)$$

Onde:

$\%FI$ – Porcentagem da função de intensidade;

$\sum escalas$ – somatório das não conformidades multiplicadas pelos valores equivalentes as suas criticidades;

$\sum NC.10$ – Valor total de não conformidades identificados em todos os sistemas multiplicado por dez.

Após calcular a porcentagem da função de intensidade, é possível correlacionar ao intervalo no Quadro 17 para encontrar o valor de F_{3A} .

Quadro 17 - Valores para o coeficiente F_{3A}

c) Função da Intensidade/Criticidade de Não Conformidades				
	Faixa	Intervalo		F_{3A}
1	A	0	10	0,1
2	B	11	20	0,2
3	C	21	30	0,3
4	D	31	40	0,4
5	E	41	50	0,5
6	F	51	60	0,6
7	G	61	70	0,7
8	H	71	80	0,8
9	I	81	90	0,9
10	J	90	100	1,0

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 78)

Para calcular o valor de F_{3B} deve-se solucionar a seguinte equação:

$$F_{3B} = \frac{\left(\left(\frac{\sum escalas}{\sum NC.10} \right) \cdot 100 - Z_2 \right) \cdot Y_1}{Y_2} \quad (14)$$

Onde:

$\sum escalas$ – somatório das não conformidades multiplicadas pelos valores equivalentes as suas criticidades;

$\sum NC.10$ – Valor total de não conformidades identificados em todos os sistemas multiplicado por dez;

Z_2 – Menor valor do intervalo encontrado no Quadro 17;

Y_1 – Intervalo entre as faixas indicadas no Quadro 17, ou seja, é igual a 0,1;

Y_2 – Diferença entre o maior e menor valor de cada faixa, ou seja, este valor é igual a 9.

Após cálculo da equação, verifica-se que $\left(\frac{Y_1}{Y_2} \right) = \left(\frac{0,1}{9} \right) = 0,0111$, sendo este representado pela variável α . Sendo assim, a expressão pode ser simplificada para:

$$F_{3B} = \left(\left(\frac{\sum escalas}{\sum NC.10} \right) \cdot 100 - Z_2 \right) \cdot \alpha \quad (15)$$

2.4.6.4 Fator 4: Função de Não Conformidades nos diferentes sistemas – Simetria de Não Conformidades entre os sistemas

Segundo (GALENDE, 2018), caso houvesse absoluta simetria entre os diferentes sistemas avaliados, cada um contribuiria com a mesma porcentagem da criticidade total. Havendo cinco sistemas a serem avaliados, a contribuição de cada sistema seria equivalente a 20% (0,20) da criticidade total. Tendo em vista que a chance de ocorrência de simetria absoluta nos sistemas é extremamente baixa, deve-se calcular a contribuição de cada sistema através da seguinte equação:

$$\% \text{ de escala por sistema} = \frac{\sum escalas_{sistema}}{\sum escalas_{total}} \cdot 100 \quad (16)$$

Para avaliação da assimetria foram estabelecidas três faixas de variação, participação ou contribuição para cada um dos sistemas, conforme Quadro 18:

Quadro 18 - Faixa de variação nos sistemas

Faixas correspondentes à F_4					
Média	A		B		C
	Mínimo	Máximo	Mínimo 2	Máximo 2	O que não estiver inserido na faixa A ou na faixa B
0,2	0,1	0,4	0,05	0,50	

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 80)

Ao identificar qual a faixa correspondente de F_4 , utiliza-se do quadro a seguir para consultar o respectivo valor de referência para cada faixa.

Quadro 19 - Não conformidades detectadas

d) Função de Não Conformidades nos Diferentes Sistemas				
	Faixa	Intervalo		F_4
1	A	0,5 M	2,0 M	1,0
2	B	0,25 M	2,5 M	1,25
3	C	Menos de 0,25	Mais de 0,25	1,5

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 80)

Após calcular os Fatores 1 a 4, é então calculada a Depreciação total da edificação substituindo os valores obtidos na equação (5).

3 METODOLOGIA PROPOSTA

O presente trabalho tem como objetivo sugerir a adaptação e integração entre métodos já existentes para cálculo de depreciação da edificação, criando um modelo multiparâmetro onde haja integração de desempenho, degradação e a depreciação.

Considerando o parâmetro de razão entre idade atual da edificação e vida útil de projeto podem levar à falha no cálculo de depreciação em alguns dos métodos apresentados, tendo em vista que conforme a idade atual da edificação se aproxima ou avança além da vida útil prevista de projeto, o resultado da depreciação é maior ou igual a 1. Por exemplo, um edifício de 60 anos de idade, mesmo que possua capacidade estrutural, funcional e estética, caso tenha vida útil de projeto prevista de 60 anos, ao calcular sua depreciação, o resultado seria no mínimo de 100% de depreciação, ou seja, a edificação seria classificada como sem valor, contrariando o que fora observado no local, que é de uma edificação em pleno funcionamento.

Para aplicação do método proposto, foram realizados pequenos ajustes quanto aos dados referentes a vida útil de projeto e a idade atual, conforme informados a seguir.

Primeiramente, realiza-se a coleta de dados em campo através da realização de vistoria sensorial, conforme indicado pela norma ABNT NBR 16747:2020, onde serão reunidas as seguintes informações: não conformidades, vida útil de projeto, idade atual da edificação e análise do estado geral de conservação do edifício. Com estas informações, gera-se o quadro modelo para não conformidades identificadas.

Para a não consideração do fator idade na equação (5), o fator F_1 , remove-se o primeiro trecho multiplicador no interior da raiz cúbica da mesma, sendo este $(1+F_1)$.

Ao remover a função F_1 que multiplicava as funções seguintes, deve-se também reduzir a potência da raiz em 1, transformando a raiz cúbica da equação, proposta por Galende (2018), numa raiz quadrada. Obtém-se então a seguinte expressão matemática:

$$D = \left\{ \left[\sqrt{(1 + F_2) \cdot (1 + F_3)} \right] - 1 \right\} \cdot F_4 \quad (17)$$

Onde:

D – Depreciação total;

F_2 – Função do número de Não Conformidades (aspecto quantitativo);

F_3 – Função de intensidade/criticidade de Não Conformidades (aspecto qualitativo);

F_4 – Função de Não Conformidades nos diferentes sistemas (simetria de não conformidades entre os sistemas).

É dada a sequência no cálculo conforme o método proposto por Galende (2018), calculando os valores de F_2 , F_3 e verificando a simetria de não conformidades para determinar o valor de F_4 .

Com a finalidade de verificar o desempenho individual de cada sistema, realiza-se o cálculo dos fatores 2 e 3 para cada sistema avaliado. Desta forma, tem-se:

$$F_{2\ sistema} = F_{2A\ sistema} + F_{2B\ sistema} \quad (18)$$

Para isto, o fator $F_{2A\ sistema}$ é verificado com base nas não conformidades do sistema analisado, e não mais das não conformidades totais.

Da mesma forma, para o cálculo de $F_{2B\ sistema}$, tem-se a seguinte equação:

$$F_{2B\ sistema} = \frac{((NC_{sistema}-W)Y_1)}{T} \quad (19)$$

Onde:

$NC_{sistema}$ – Número de não conformidades do sistema analisado;

W – Menor valor do intervalo de acordo com a faixa em que $F_{2A\ sistema}$ foi classificado, vide Quadro 27 - Valores para o coeficiente F_{2A} ;

T – Diferença entre o menor e maior valor do intervalo conforme faixa em que $F_{2A\ sistema}$ foi classificado, vide Quadro 27 - Valores para o coeficiente F_{2A} .

O mesmo ocorre para o cálculo do fator 3, que por sua vez é expresso por:

$$F_{3\ sistema} = F_{3A\ sistema} + F_{3B\ sistema} \quad (20)$$

Para definir um valor para $F_{3A\ sistema}$ é necessário encontrar a porcentagem da função de intensidade, que por sua vez é obtida através da divisão do somatório de escalas do sistema, pelo número de não conformidades do sistema multiplicado por dez, ou seja:

$$\%FI_{sistema} = \frac{\sum escalas_{sistema}}{\sum NC.10_{sistema}} \quad (21)$$

Com o valor de $\%FI_{sistema}$ é possível identificar a faixa em que se enquadra no quadro Função da Intensidade/Criticidade de Não Conformidades, e assim, verificar o valor equivalente a $F_{3A\ sistema}$.

Posteriormente, calcula-se o valor de $F_{3B\ sistema}$ através da seguinte equação:

$$F_{3B\ sistema} = \left(\left(\frac{\sum escalas_{sistema}}{\sum NC.10_{sistema}} \right) 100 - Z_2 \right) . \alpha \quad (22)$$

Onde:

$\sum escalas_{sistema}$ – Somatório das não conformidades do sistema avaliado, multiplicadas pelos valores equivalentes as suas criticidades;

$\sum NC.10_{sistema}$ – Valor total de não conformidades identificados no sistema avaliado multiplicado por dez;

Z_2 – Menor valor do intervalo da faixa correspondente de $F_{3A\ sistema}$ na Quadro 28 - Valores para o coeficiente F_{3A} ;

α – Coeficiente correspondente a $\left(\frac{Y_1}{Y_2}\right) = \left(\frac{0,1}{9}\right) = 0,0111$.

Após obter os valores dos fatores 2 e 3 para cada sistema, calcula-se o F_4 conforme demonstrado por Galende, uma vez que o fator 4 corresponde a simetria entre os sistemas.

Procede-se para a resolução da equação de depreciação, que por sua vez, deve ser calculada para cada sistema, de acordo com seus valores para os fatores 2 e 3, sendo assim, tem-se:

$$D_{sistema} = \left\{ \left[\sqrt{(1 + F_2\ sistema) \cdot (1 + F_3\ sistema)} \right] - 1 \right\} \cdot F_4 \quad (23)$$

Onde:

D – Desempenho do sistema avaliado;

F_2 – Função do número de Não Conformidades do sistema avaliado (aspecto quantitativo);

F_3 – Função de intensidade/criticidade de Não Conformidades do sistema avaliado (aspecto qualitativo);

F_4 – Função de Não Conformidades nos diferentes sistemas (simetria de não conformidades entre os sistemas).

Posteriormente ao cálculo de desempenho de todos os sistemas avaliados, avalia-se as condições do edifício através da metodologia proposta na norma holandesa parametrizada. Cada um dos sistemas é analisado em função das não conformidades identificadas, assim, as não conformidades são avaliadas em função de sua importância, intensidade e extensão, gerando uma classificação de condição.

Cada sistema apresenta múltiplas anomalias e cada anomalia obtém uma classificação de condição. Para a classificação de condição do sistema, deve-se calcular a média aritmética da classificação de condição de todas as não conformidades daquele sistema.

Após obter a classificação de condição de cada sistema, pode-se obter a média geral da edificação através de cálculo de média aritmética de todos os sistemas, obtendo um número entre 0 e 1, em que a condição varia de péssimo a excelente, conforme apresentado anteriormente na Tabela 2 – Classificação parametrizada de condição geral.

Uma vez em posse dos dados de condição dos sistemas, obtidos através de cálculo indicado na norma holandesa parametrizada, e do desempenho de cada sistema, adquirido

por meio da adaptação do método proposto por Galende (2018), dá-se sequência ao cálculo da depreciação através de adaptação do método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011).

Para isto, deve-se estruturar o quadro conforme os sistemas avaliados, verificar suas contribuições na estrutura de custo e classificar seu fator de importância (Ei). Em seguida, é necessário verificar a vida útil de projeto normatizado para cada um dos sistemas.

Na lacuna da idade atual, tem-se a primeira substituição, onde deve-se inserir o valor calculado do desempenho do sistema multiplicado pela vida útil de projeto para aquele sistema.

Por exemplo, caso o desempenho calculado através do método adaptado de Galende (2018) para um sistema seja de 40%, e a vida útil de projeto normatizada para aquele sistema seja de 70 anos, tem-se:

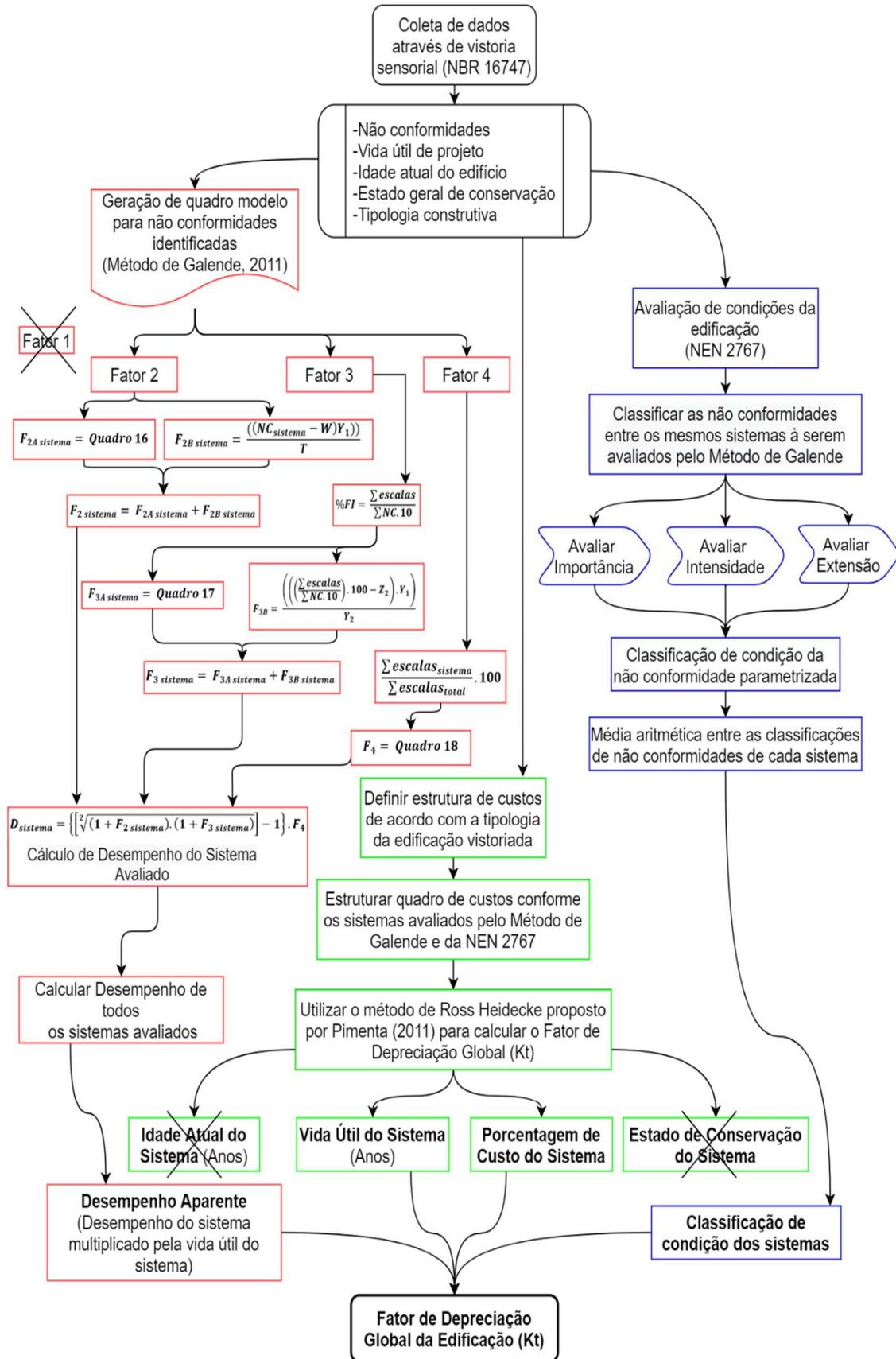
$$\begin{aligned} \text{Desempenho}_{\text{sistema}} \times VUP_{\text{sistema}} &= \text{Desempenho Aparente}_{\text{sistema}} \\ 0,40 \times 70 &= \text{Desempenho Aparente}_{\text{sistema}} \\ \text{Desempenho Aparente}_{\text{sistema}} &= 28 \text{ anos} \end{aligned}$$

Desta forma, a idade do sistema é dada em função de seu desempenho aparente, ou seja, a inconsistência obtida pela fórmula de Ross-Heidecke quando um sistema ultrapassa sua vida útil de projeto é solucionada, por outro lado, mesmo que o sistema não tivesse atingido a sua vida útil de projeto, mas já apresentasse estado de ruína, em função de seu desempenho a idade aparente seria próxima ou igual a vida útil de projeto, maximizando sua depreciação no cálculo.

O segundo item a ser alterado, seria o estado de conservação de Heidecke, onde o valor em função do estado de conservação do quadro proposto por Heidecke é substituído pelo valor obtido através da classificação de condição da família, sendo este obtido através do método da norma holandesa parametrizada.

Após a alteração nos valores destes dois parâmetros, segue-se normalmente a resolução através do método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011), encontrando assim o valor da depreciação total do imóvel em função da importância de cada sistema, seu desempenho aparente e seu estado de degradação. Vale ressaltar que este método não se restringe à aplicação em edificações residenciais, podendo ser utilizado em edificações de finalidades diversas. Para melhor entendimento, pode-se observar o fluxograma do método proposto:

Figura 21 – Fluxograma do método proposto



Fonte: Arquivo pessoal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para os casos de estudo, foram escolhidas duas edificações típicas do Plano Piloto, ambas localizadas na Asa Norte, porém, pertencentes a diferentes quadras. Os imóveis são exemplares comuns encontrados nas superquadras, e tratam-se de edificações residenciais com pilotis livre, gabarito máximo permitido de seis pavimentos e emolduradas por uma cinta densamente arborizada.

4.1 CASO DE ESTUDO DE NÚMERO 1

A edificação do estudo de caso de número 1 apresentou não conformidades que passaram a ser percebidas pelos seus usuários. Foi solicitado pelo síndico a contratação de um laudo técnico para identificação das não conformidades e indicações de possíveis soluções e/ou métodos de recuperação.

A edificação tem 28 anos desde sua construção. Possui subsolo, pilotis e seis pavimentos. Sua estrutura é composta por concreto armado, tem fechamentos em bloco de tijolo cerâmico e possui esquadrias em alumínio e vidro temperado, a cobertura possui telhas de fibrocimento.

Figura 22 - Fachada frontal da edificação objeto de estudo



Fonte: Arquivo pessoal.

Uma equipe de profissionais habilitados efetuou vistorias sensoriais a edificação, conforme diretrizes da norma ABNT NBR 16747:2020. As anomalias observadas foram registradas através de fotografias, dentre elas: fissuras, presença de material rígido nas juntas de dilatação, armaduras expostas com foco de corrosão na estrutura em concreto

armado da tampa do reservatório superior, falhas de rejunte, telhas quebradas, obstrução de extintores, entre outras.

Um laudo técnico foi entregue contendo todos os registros, indicações de reparos e possíveis causas das não conformidades observadas. Baseado nas informações registradas e nas não conformidades catalogadas no laudo técnico, são então aplicados os métodos para cálculo de depreciação da edificação.

4.1.1 Aplicação de método proposto na Norma Holandesa parametrizada

Para dar início a avaliação de condições através do método proposto pela Norma Holandesa NEN 2767 parametrizada, separou-se os sistemas a serem avaliados. Em seguida, os sistemas avaliados foram subdivididos nos componentes afetados pelas não conformidades. Os defeitos devem então ser classificados quanto a sua importância, intensidade e extensão.

Após os sistemas serem subdivididos e classificados, obteve-se os seguintes quadros:

Quadro 20 – Classificação da condição do Sistema 1 - Estrutura

Sistema 1 - Estrutura				
Elemento	Tampa reservatório	Lajes subsolo	Juntas de dilatação	Fissura vertical na cortina
Importância dos defeitos	Crítica	Crítica	Grave	Crítica
Intensidade dos defeitos	Média	Média	Média	Média
Extensão dos defeitos	3	3	5	2
Classificação da condição	0,5	0,5	0,67	0,33

Autor (2021).

Quadro 21 – Classificação da condição do Sistema 2 – Paredes e painéis

Sistema 2 – Paredes e painéis							
Elemento	Casa de máquinas	Desplacamentos	Esquadrias	Mármore dos pilares	Fissura forro em gesso	Infiltração gesso	Fissuras paredes internas
Importância dos defeitos	Grave	Crítica	Leve	Crítica	Leve	Grave	Leve
Intensidade dos defeitos	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Extensão dos defeitos	3	4	2	2	2	3	2
Classificação da condição	0,33	0,67	0,17	0,33	0,17	0,33	0,17

Autor (2021).

Quadro 22 – Classificação da condição do Sistema 3 – Cobertura

Sistema 3 – Cobertura		
Elemento	Grelha hemisférica	Telhamento
Importância dos defeitos	Grave	Crítica
Intensidade dos defeitos	Baixa	Média
Extensão dos defeitos	4	3
Classificação da condição	0,33	0,5

Autor (2021).

Quadro 23 – Classificação da condição do Sistema 4 – Pisos e revestimentos

Sistema 4 – Pisos e revestimentos				
Elemento	Garagem	Pilotis	Rampas de acesso	Pisos externos
Importância dos defeitos	Leve	Crítica	Crítica	Grave
Intensidade dos defeitos	Média	Média	Alta	Média
Extensão dos defeitos	4	4	5	4
Classificação da condição	0,17	0,67	1	0,5

Autor (2021).

Quadro 24 – Classificação da condição do Sistema 5 – Instalações 01 de 02

Sistema 5 – Instalações				
Elemento	Barramento neutro	SPDA	Óleo casa de máquinas	Redução de seção
Importância dos defeitos	Crítica	Crítica	Grave	Crítica
Intensidade dos defeitos	Alta	Média	Média	Alta
Extensão dos defeitos	2	3	3	2
Classificação da condição	0,5	0,5	0,33	0,5

Autor (2021).

Quadro 25 – Classificação da condição do Sistema 5 – Instalações 02 de 02

Sistema 5 – Instalações						
Elemento	Sem projeto de Combate ao Incêndio	Iluminação de emergência	Hidrantes	Hidrantes de recalque	Sinalização	Extintores
Importância dos defeitos	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
Intensidade dos defeitos	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Média
Extensão dos defeitos	5	5	3	3	4	5
Classificação da condição	1	1	0,67	0,5	0,67	0,83

Autor (2021).

Para obter a classificação da condição do sistema, deve-se calcular a média aritmética da classificação dos componentes, desta forma tem-se:

$$Estrutura = \frac{0,5 + 0,5 + 0,67 + 0,33}{4} = \mathbf{0,5}$$

$$Paredes e painéis = \frac{0,33 + 0,67 + 0,17 + 0,33 + 0,17 + 0,33 + 0,17}{7} = \mathbf{0,31}$$

$$Cobertura = \frac{0,33 + 0,5}{2} = \mathbf{0,415}$$

$$Pisos e revestimentos = \frac{0,17 + 0,67 + 1 + 0,5}{4} = \mathbf{0,585}$$

$$Instalações = \frac{0,5 + 0,5 + 0,33 + 0,5 + 1 + 1 + 0,67 + 0,5 + 0,67 + 0,83}{10} = \mathbf{0,65}$$

A fim de classificar a condição geral da edificação, deve-se calcular a média aritmética da classificação dos sistemas, sendo assim:

$$Edificação = \frac{Sistema\ 1 + Sistema\ 2 + \dots + Sistema\ n}{n}$$

$$Edificação = \frac{0,5 + 0,31 + 0,415 + 0,585 + 0,65}{5}$$

$$Edificação = \mathbf{0,492}$$

Com base na classificação parametrizada obtida, é possível obter a descrição de condição geral da edificação de acordo com a tabela parametrizada de condição geral:

Tabela 2 – Classificação parametrizada de condição geral

Avaliação de condição	Descrição geral de condição
0,17	Excelente
0,33	Bom
0,5	Razoável
0,67	Ruim
0,83	Grave
1	Péssimo

Fonte: Autor (2021).

Verifica-se que a descrição de condição do imóvel foi classificada próxima ao valor limite de razoável, sendo assim, ao sinal de agravamento de um dos sistemas analisados, a descrição geral de condição da edificação passará a ser classificada como ruim.

4.1.2 Aplicação do método proposto por Galende (2018)

Primeiramente faz-se o preenchimento do quadro de não conformidades identificadas, conforme modelo disponível na Figura 20:

Figura 23 – Quadro de não conformidades identificadas – Caso de Estudo 1

Dados da Edificação – Caso de estudo 1						
Idade Real (IR)		28				
Idade Aparente (IA)		25				
Vida Útil (VU)		60				
% IR/VU		46,67%				
% IA/VU		41,67%				
Estado de Conservação		Regular				
Não conformidades – Caso de estudo 1						
Sistemas	N.C.*	Criticidade			Escalas	N.C.*10
		Min.	Méd.	Max		
Estrutura	20	6	10	4	96	200
Paredes e painéis	26	19	6	1	59	260
Cobertura	6	4	2	0	14	60
Pisos e revestimentos	9	7	1	1	22	90
Instalações	16	10	4	2	50	160
Total	77	46	23	8	241	770
		77				
Escalas						
Criticidade	Mínimo		1			
	Médio		5			
	Máximo		10			
Fórmula do método baseado na ABNT NBR 15575:2013						
$D = \{[\sqrt[3]{(1 + F_1) \cdot (1 + F_2) \cdot (1 + F_3)}] - 1\} \cdot F_4$						

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 67). Adaptado pelo autor (2021).

Com o quadro de não conformidades preenchido, dá-se então seguimento aos cálculos dos coeficientes F_1 , F_2 , F_3 e F_4 para identificar a depreciação através do método. Para identificar o valor de F_1 , deve-se utilizar as equações (6), (7) e (8). Assim:

$$F_1 = F_{1A} + F_{1B}$$

$$\%VU = \frac{u}{n}$$

Onde:

$\%VU$ – Porcentagem de vida útil;

u – Idade real da edificação;

n – Vida útil de projeto.

No caso de estudo, tem-se:

$$\%VU = \frac{28}{60}$$

$$\%VU = \mathbf{0,46666}$$

O intervalo de 46% no de idade equivale a Faixa E, onde $F_{1A} = 0,5$.

Quadro 26 - Valores para o coeficiente F_{1A} – Estudo de caso 1

a) Idade				
	FAIXA	INTERVALO		F_{1A}
1	A	0	10	0,1
2	B	11	20	0,2
3	C	21	30	0,3
4	D	31	40	0,4
5	E	41	50	0,5
6	F	51	60	0,6
7	G	61	70	0,7
8	H	71	80	0,8
9	I	81	90	0,9
10	J	90	100	1

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 76). Adaptado pelo autor (2021).

Para cálculo de F_{1B} , tem-se:

$$F_{1B} = \left(\left(\frac{u}{n} \right) \cdot 100 - Z_1 \right) \cdot \alpha$$

Onde:

u – Idade real da edificação;

n – Vida útil de projeto;

Z_1 – Menor valor do intervalo encontrado no Quadro 26;

α – Coeficiente correspondente a $\left(\frac{Y_1}{Y_2} \right) = \left(\frac{0,1}{9} \right) = 0,0111$.

Substituindo pelos dados do quadro de não conformidades identificadas, tem-se:

$$F_{1B} = \left(\left(\frac{28}{60} \right) \cdot 100 - 41 \right) \cdot 0,0111$$

$$F_{1B} = (46,6666 - 41) \cdot 0,0111$$

$$F_{1B} = (5,6666) \cdot 0,0111$$

$$F_{1B} = \mathbf{0,0629}$$

Logo:

$$F_1 = F_{1A} + F_{1B}$$

$$F_1 = 0,5 + 0,0629$$

$$F_1 = \mathbf{0,5629}$$

Em seguida, calcula-se o Fator 2 através da fórmula:

$$F_2 = F_{2A} + F_{2B}$$

Para definir o valor de F_{2A} , verifica-se o número total de não conformidades no quadro de não conformidades identificadas e escolhe a faixa em que se enquadra o intervalo. Verifica-se que pelo número total de não conformidades, deve-se enquadrar na faixa E, entretanto, esta faixa estipula um máximo de 20 não conformidades para cada sistema, o sistema de paredes e painéis possui 26 não conformidades, sendo assim, deve-se enquadrar na faixa diretamente acima, conforme o Quadro 27.

Quadro 27 - Valores para o coeficiente F_{2A}

b) Número de Não Conformidades					
	Faixa	Intervalo		F_{2A}	Observação
1	A	0	5	0,1	No máximo 1 para cada sistema
2	B	6	20	0,2	No máximo 4 para cada sistema
3	C	21	40	0,3	No máximo 8 para cada sistema
4	D	41	60	0,4	No máximo 12 para cada sistema
5	E	61	100	0,5	No máximo 20 para cada sistema
6	F	101	150	0,6	No máximo 30 para cada sistema
7	G	151	200	0,7	No máximo 40 para cada sistema
8	H	201	250	0,8	No máximo 50 para cada sistema
9	I	251	300	0,9	No máximo 60 para cada sistema
10	J	301	-	1,0	

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 77). Adaptado pelo autor (2021).

Posteriormente, para o cálculo de F_{2B} , resolve-se a seguinte equação:

$$F_{2B} = \frac{((NC_{total} - W)Y_1)}{T}$$

Onde:

NC_{total} – Número total de não conformidades;

W – Menor valor do intervalo de acordo com a faixa em que F_{2A} foi classificado, vide

Quadro 27 - Valores para o coeficiente F_{2A} ;

T – Diferença entre o menor e maior valor do intervalo conforme faixa em que F_{2A} foi classificado, vide Quadro 27 - Valores para o coeficiente F_{2A} .

Ao substituir pelos valores do quadro de não conformidades identificadas, tem-se:

$$F_{2B} = \frac{((77 - 101)0,1)}{49}$$

$$F_{2B} = \frac{((-24)0,1)}{49}$$

$$F_{2B} = \frac{(-2,4)}{49}$$

$$F_{2B} = -\mathbf{0,0489}$$

Sendo assim:

$$F_2 = F_{2A} + F_{2B}$$

$$F_2 = 0,6 - 0,0489$$

$$F_2 = \mathbf{0,5511}$$

O Fator 3, por sua vez, é obtido pela equação:

$$F_3 = F_{3A} + F_{3B}$$

Para encontrar o valor de F_{3A} deve-se encontrar a porcentagem da função de intensidade, sendo esta obtida através de divisão da somatória dos valores das escalas pela somatória dos valores totais de não conformidades multiplicado por 10, expresso pela equação:

$$\%FI = \frac{\sum escalas}{\sum NC. 10}$$

Onde:

$\%FI$ – Porcentagem da função de intensidade;

$\sum escalas$ – Somatório das não conformidades multiplicadas pelos valores equivalentes as suas criticidades;

$\sum NC. 10$ – Valor total de não conformidades identificados em todos os sistemas multiplicado por dez.

Ao substituir pelos dados levantados, tem-se:

$$\%FI = \frac{241}{77. 10}$$

$$\%FI = \frac{241}{770}$$

$$\%FI = \mathbf{0,3129}$$

O valor obtido para %FI é de 31,29%, enquadrando-se no intervalo entre 31 e 40 no quadro c) função da intensidade/criticidade de não conformidades, equivalente a Faixa D, onde $F_{3A} = 0,4$.

Quadro 28 - Valores para o coeficiente F_{3A}

c) Função da Intensidade/Criticidade de Não Conformidades				
	Faixa	Intervalo		F_{3A}
1	A	0	10	0,1
2	B	11	20	0,2
3	C	21	30	0,3
4	D	31	40	0,4
5	E	41	50	0,5
6	F	51	60	0,6
7	G	61	70	0,7
8	H	71	80	0,8
9	I	81	90	0,9
10	J	90	100	1,0

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 78). Adaptado pelo autor (2021).

Posteriormente, deve-se calcular o valor de F_{3B} através da seguinte equação:

$$F_{3B} = \left(\left(\frac{\sum \text{escalas}}{\sum NC.10} \right) \cdot 100 - Z_2 \right) \cdot \alpha$$

Onde:

$\sum \text{escalas}$ – Somatório das não conformidades multiplicadas pelos valores equivalentes as suas criticidades;

$\sum NC.10$ – Valor total de não conformidades identificados em todos os sistemas multiplicado por dez;

Z_2 – Menor valor do intervalo da faixa correspondente no Quadro 28 - Valores para o coeficiente F_{3A} ;

α – Coeficiente correspondente a $\left(\frac{Y_1}{Y_2} \right) = \left(\frac{0,1}{9} \right) = 0,0111$.

Ao substituir pelos valores levantados, tem-se:

$$F_{3B} = \left(\left(\frac{241}{770} \right) \cdot 100 - 31 \right) \cdot 0,0111$$

$$F_{3B} = (31,2987 - 31) \cdot 0,0111$$

$$F_{3B} = (0,2987) \cdot 0,0111$$

$$F_{3B} = \mathbf{0,0033}$$

Logo:

$$F_3 = F_{3A} + F_{3B}$$

$$F_3 = 0,4 + 0,0033$$

$$F_3 = \mathbf{0,4033}$$

Para definir o valor correspondente ao Fator 4, deve-se verificar a faixa de variação nos sistemas através do cálculo de contribuição de cada sistema para o número total de não conformidades, para isso deve-se utilizar a seguinte equação:

$$\% \text{ de escala por sistema} = \frac{\sum \text{escalas}_{\text{sistema}}}{\sum \text{escalas}_{\text{total}}} \cdot 100$$

Substituindo pelas escalas de cada sistema, obtém-se os seguintes valores:

$$\text{Estrutura} = \frac{96}{241} \cdot 100 = 39,834\%$$

$$\text{Paredes e painéis} = \frac{59}{241} \cdot 100 = 24,481\%$$

$$\text{Cobertura} = \frac{14}{241} \cdot 100 = 5,809\%$$

$$\text{Pisos e revestimentos} = \frac{22}{241} \cdot 100 = 9,130\%$$

$$\text{Instalações} = \frac{20}{241} \cdot 100 = 20,746\%$$

Em posse dos valores da contribuição de cada sistema, deve-se utilizar do quadro a seguir, identificando a faixa correspondente de F_4 .

Quadro 29 - Faixa de variação nos sistemas

Faixas correspondentes à F_4					
Média	A		B		C
	Mínimo	Máximo	Mínimo 2	Máximo 2	
0,2	0,1	0,4	0,05	0,50	O que não estiver inserido na faixa A ou na faixa B

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 80). Adaptado pelo autor (2021).

Em seguida, verifica-se o quadro d) Função de Não Conformidades nos Diferentes Sistemas para identificar o valor de F_4 .

Quadro 30 - Não conformidades detectadas

d) Função de Não Conformidades nos Diferentes Sistemas				
	Faixa	Intervalo		F_4
1	A	0,5 M	2,0 M	1,0
2	B	0,25 M	2,5 M	1,25
3	C	Menos de 0,25	Mais de 0,25	1,5

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 80). Adaptado pelo autor (2021).

Uma vez em posse dos valores para os Fatores 1,2,3 e 4, pode-se calcular a depreciação através do método baseado na Norma ABNT NBR 15575:2013 proposta por Galende (2018), substituindo os dados obtidos na seguinte fórmula:

$$D = \left\{ \left[\sqrt[3]{(1 + F_1) \cdot (1 + F_2) \cdot (1 + F_3)} \right] - 1 \right\} \cdot F_4$$

$$D = \left\{ \left[\sqrt[3]{(1 + 0,5629) \cdot (1 + 0,5511) \cdot (1 + 0,4033)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D = \left\{ \left[\sqrt[3]{(1,5629) \cdot (1,5511) \cdot (1,4033)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D = \left\{ \left[\sqrt[3]{3,4018} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D = \{ [1,5039] - 1 \} \cdot 1,25$$

$$D = \{ 0,5039 \} \cdot 1,25$$

$$\mathbf{D = 0,62997}$$

$$\mathbf{Depreciação total = 62,997\%}$$

Através do método proposto por Galende (2018), a depreciação total da edificação foi calculada em 62,997%.

4.1.3 Aplicação do método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011)

Primeiramente, deve-se verificar a estrutura de custo conforme a tipologia da edificação a ser analisada. O imóvel é um edifício de múltiplos pavimentos, sua estrutura foi construída em concreto armado, sendo assim, consultando Belzega (1984), pode-se aferir que a estrutura de custo para este tipo de edifício está definida no Grupo 1 – Edifícios com estrutura reticulada em betão armado, Classe 1.6 – Edifícios multifamiliares com número de pisos maior ou igual a 5 e com sistema de elevadores (Belzega, 1984, pág. 61-62).

Quadro 31 – Estrutura de custo detalhada para edificação em concreto armado com mais de 5 pavimentos

Elementos de Construção e percentagem de custo por elemento		
1	Movimento de terras	1,00%
2	Fundações	4,00%
2.1	Fundações propriamente ditas	3,30%
2.2	Pavimento térreo	0,70%
2.3	Paredes até pavimento térreo	-
3	Superestrutura	28,00%
3.1	Pilares	4,50%
3.2	Vogas	6,00%
3.3	Paredes	4,80%
3.4	Lajes e outros elementos	12,70%
4	Alvenarias	8,50%
4.1	Alvenarias interiores	4,90%
4.2	Alvenarias exteriores	3,60%
5	Cobertura	1,50%
5.1	Estrutura da cobertura	0,50%
5.2	Revestimentos e outros elementos	1,00%
6	Vãos exteriores	6,00%
6.1	Guarnecimentos	0,70%
6.2	Caixilhos e portas	3,30%
6.3	Vidros	0,80%
6.4	Estores ou outras proteções	1,20%
7	Vãos interiores	4,50%
7.1	Aros e guarnecimentos	1,30%
7.2	Portas	3,20%
8	Rede de águas	3,30%
8.1	Canalizações	2,30%
8.2	Torneiras	1,00%
9	Instalação de esgotos e ventilações	2,70%
9.1	Fossa séptica	-
9.2	Tubulação de esgoto e ventilação	2,00%
9.3	Outros elementos	0,70%
10	Instalação elétrica	4,30%
10.1	Tubulação e caixas	1,50%
10.2	Fiação	1,30%
10.3	Outros elementos	1,50%
11	Elevadores	6,00%
11.1	Portas e guias	2,70%
11.2	Cabine e máquinas	3,30%
12	Revestimento de escadas e galerias	2,60%
12.1	Revestimento de degraus e pavimentos	1,30%
12.2	Revestimento inicial de paredes e tetos	0,50%
12.3	Revestimento final de paredes e tetos	0,80%
13	Revestimento inicial de paredes e tetos	5,40%
13.1	Rebocos interiores	4,10%
13.2	Rebocos exteriores	1,30%
14	Revestimento final interior de paredes	5,50%
14.1	Lambris das zonas úmidas	2,70%
14.2	Restante revestimento das zonas úmidas	2,80%
15	Revestimento final interior dos tetos	1,30%
16	Revestimento final exterior	1,50%
17	Revestimentos iniciais de pisos	1,00%
18	Revestimento final de piso das zonas secas	3,00%
19	Revestimento final de piso das zonas úmidas	1,00%
20	Equipamento de cozinha e lavagem	2,50%
21	Equipamento de casa de banho	2,00%
22	Diversos	3,90%
23	Arranjos exteriores	0,50%

Fonte: PIMENTA, J. C.; (2011, p. 61-62). Adaptado pelo autor (2021).

Baseado no quadro de estrutura de custos detalhada, distribuiu-se os itens dentre os sistemas avaliados, sendo estes: estrutura; paredes e painéis; cobertura; pisos e revestimentos; instalações. Desta forma, obtém-se a seguinte estrutura de custos:

Quadro 32 – Estrutura de custo para edificação em concreto armado com mais de 5 pavimentos

SISTEMA ESTRUTURA	
Movimento de Terras	1,0%
Fundações	4,0%
Superestrutura	28,0%
TOTAL	33,0%
SISTEMA PAREDES E PAINÉIS	
Alvenarias	8,50%
Vãos exteriores	6,00%
Vãos interiores	4,50%
TOTAL	19,00%
SISTEMA COBERTURA	
Cobertura	1,50%
TOTAL	1,50%
SISTEMA PISOS E REVESTIMENTOS	
Revestimentos de escadas e galerias	2,60%
Revestimento inicial de paredes e tetos	5,40%
Revestimento final interior de paredes	5,50%
Revestimento final interior dos tetos	1,30%
Revestimento final exterior	1,50%
Revestimentos iniciais de pisos	1,00%
Revestimento final de piso das zonas secas	3,00%
Revestimento final de piso das zonas úmidas	1,00%
TOTAL	21,30%
SISTEMA INSTALAÇÕES	
Rede de águas	3,30%
Instalação de esgotos e ventilações	2,70%
Instalação elétrica	4,30%
Elevadores	6,00%
Diversos	3,90%
Equipamento de cozinha e lavagem	2,50%
Equipamento casa de banho	2,00%
Arranjos exteriores	0,50%
TOTAL	25,20%

Fonte: Autor (2021).

Uma vez que a estrutura de custo é definida, verifica-se o período de vida útil estimado para os elementos de construção.

Tabela 4 – Vida útil por sistema

Sistema	Vida útil (Anos)
Estrutura	100
Paredes e painéis	100
Cobertura	75
Pisos e revestimentos	20
Instalações	50

Fonte: Autor (2021).

Em seguida, verifica-se o estado de conservação (C) de acordo com o quadro de Heidecke para cada sistema avaliado.

Quadro 33 – Estado de conservação por sistema

Sistema	Estado de Conservação (Qualitativo)	Estado de Conservação
Estrutura	Necessitando de reparos simples a importantes	0,332
Paredes e painéis	Necessitando de reparos simples	0,181
Cobertura	Necessitando de reparos simples a importantes	0,332
Pisos e revestimentos	Necessitando de reparos importantes	0,526
Instalações	Necessitando de reparos importantes	0,526

Fonte: Autor (2021).

Com base em todos os dados levantados, procede-se ao cálculo do fator de depreciação global (k_t), multiplicando os valores de depreciação do sistema (K) por cada respectiva percentagem de custo do elemento (Ei), sendo assim obtém-se:

Quadro 34 – Estrutura de determinação da depreciação física - Modelo proposto por Pimenta

Sistema	Porcentagem de Custo do Sistema (Ei)	Vida útil (Anos)	Idade Atual (Anos)	Idade em % de Vida Útil	Estado de Conservação	k	Fator de Depreciação Global (k_t)
Estrutura	33,00%	100	28	28,00%	33,20%	0,452	0,685
Paredes e painéis	19,00%	100	28	28,00%	18,10%	0,328	
Cobertura	1,50%	75	28	37,30%	33,20%	0,503	
Pisos e revestimentos	21,30%	20	28	140%	52,60%	1,322	
Instalações	25,20%	50	28	56%	52,60%	0,733	

Fonte: Autor (2021).

Através do método proposto por Pimenta (2011), a depreciação total calculada da edificação foi de 68,5%.

4.1.4 Aplicação do método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011) combinado com Norma Holandesa parametrizada e método adaptado de Galende (2018)

Inicialmente, deve-se preencher o quadro de não conformidades identificadas durante o período de vistoria da edificação, conforme apresentado na Figura 23 – Quadro de não conformidades identificadas – Caso de Estudo 1.

Com intenção de não considerar o fator idade na equação, que por sua vez é identificado como F_1 , remove-se da fórmula proposta por Galende o trecho da equação $(1+F_1)$. Ao remover essa função de F_1 que multiplicava as demais, deve-se também reduzir a potência da raiz cúbica para raiz quadrada. Obtém-se então a seguinte fórmula:

$$D = \left\{ \left[\sqrt{(1 + F_2) \cdot (1 + F_3)} \right] - 1 \right\} \cdot F_4$$

Onde:

D – Depreciação total;

F_2 – Função do número de Não Conformidades (aspecto quantitativo);

F_3 – Função de intensidade/criticidade de Não Conformidades (aspecto qualitativo);

F_4 – Função de Não Conformidades nos diferentes sistemas (simetria de não conformidades entre os sistemas).

Após preenchimento do quadro de não conformidades, vide Figura 23 – Quadro de não conformidades identificadas – Caso de Estudo 1, procede-se ao cálculo dos Fatores 2 e 3 de cada sistema. Sendo assim, tem-se:

$$F_{2 \text{ estrutura}} = F_{2A \text{ estrutura}} + F_{2B \text{ estrutura}}$$

Para definir o valor de $F_{2A \text{ estrutura}}$, deve-se verificar a faixa correspondente ao número de não conformidades identificadas no sistema estrutura com o quadro Número de Não Conformidades. Para o sistema estrutura, foram identificadas 20 Não conformidades, sendo assim:

Quadro 35 - Valores para o coeficiente F_{2A}

b) Número de Não Conformidades				
	Faixa	Intervalo		F_{2A}
1	A	0	5	0,1
2	B	6	20	0,2
3	C	21	40	0,3
4	D	41	60	0,4
5	E	61	100	0,5
6	F	101	150	0,6
7	G	151	200	0,7
8	H	201	250	0,8
9	I	251	300	0,9
10	J	301	-	1,0

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 77). Adaptado pelo autor (2021).

Em seguida calcula-se F_{2B} estrutura:

$$F_{2B \text{ estrutura}} = \frac{((NC_{\text{estrutura}} - W)Y_1)}{T}$$

$$F_{2B \text{ estrutura}} = \frac{((20 - 6).0,1)}{14}$$

$$F_{2B \text{ estrutura}} = \frac{((14).0,1)}{14}$$

$$F_{2B \text{ estrutura}} = \frac{(1,4)}{14}$$

$$F_{2B \text{ estrutura}} = 0,1$$

Logo:

$$F_2 \text{ estrutura} = F_{2A \text{ estrutura}} + F_{2B \text{ estrutura}}$$

$$F_2 \text{ estrutura} = 0,2 + 0,1$$

$$F_2 \text{ estrutura} = 0,3$$

Posteriormente, deve-se calcular o fator 3 do sistema estrutura, que por sua vez é expresso por:

$$F_3 \text{ estrutura} = F_{3A \text{ estrutura}} + F_{3B \text{ estrutura}}$$

Para definir um valor para $F_{3A \text{ estrutura}}$, é necessário encontrar a porcentagem da função de intensidade, sendo assim:

$$\%FI_{\text{estrutura}} = \frac{\sum \text{escalas}_{\text{estrutura}}}{\sum NC. 10_{\text{estrutura}}}$$

$$\%FI_{estrutura} = \frac{96}{200}$$

$$\%FI_{estrutura} = \mathbf{0,48}$$

$$FI_{estrutura} = \mathbf{48,00\%}$$

O valor obtido para $FI_{estrutura}$ é de 48,00%, enquadrando-se no intervalo entre 41 e 50 no quadro função da intensidade/criticidade de não conformidades, equivalente a Faixa E, onde $F_{3A_{estrutura}} = \mathbf{0,5}$.

Quadro 36 - Valores para o coeficiente F_{3A}

c) Função da Intensidade/Criticidade de Não Conformidades				
	Faixa	Intervalo		F_{3A}
1	A	0	10	0,1
2	B	11	20	0,2
3	C	21	30	0,3
4	D	31	40	0,4
5	E	41	50	0,5
6	F	51	60	0,6
7	G	61	70	0,7
8	H	71	80	0,8
9	I	81	90	0,9
10	J	90	100	1,0

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 78). Adaptado pelo autor (2021).

Para encontrar o valor de $F_{3B_{estrutura}}$, deve-se solucionar a seguinte equação:

$$F_{3B_{estrutura}} = \left(\left(\frac{\sum escalas_{estrutura}}{\sum NC \cdot 10_{estrutura}} \right) \cdot 100 - Z_2 \right) \cdot \alpha$$

$$F_{3B_{estrutura}} = \left(\left(\frac{96}{200} \right) \cdot 100 - 41 \right) \cdot 0,0111$$

$$F_{3B_{estrutura}} = ((0,48) \cdot 100 - 41) \cdot 0,0111$$

$$F_{3B_{estrutura}} = (48 - 41) \cdot 0,0111$$

$$F_{3B_{estrutura}} = (7) \cdot 0,0111$$

$$F_{3B_{estrutura}} = \mathbf{0,0777}$$

Logo:

$$F_3 \text{ estrutura} = F_{3A} \text{ estrutura} + F_{3B} \text{ estrutura}$$

$$F_3 \text{ estrutura} = 0,5 + 0,0777$$

$$F_3 \text{ estrutura} = \mathbf{0,5777}$$

O mesmo processo foi realizado para cálculo dos fatores 2 e 3 dos demais sistemas avaliados na edificação. Desta forma, obteve-se os seguintes resultados:

Quadro 37 – Valores obtidos para os coeficientes F_2 e F_3 classificados por sistema

	F_{2A}	F_{2B}	$F_2 = F_{2A} + F_{2B}$	F_{3A}	F_{3B}	$F_3 = F_{3A} + F_{3B}$
Estrutura	0,2	0,1	0,3	0,5	0,0777	0,5777
Paredes e painéis	0,3	0,0263	0,3263	0,3	0,0188	0,3188
Cobertura	0,2	0	0,2	0,3	0,0259	0,3259
Pisos e revestimentos	0,2	0,0214	0,2214	0,3	0,0382	0,3382
Instalações	0,2	0,0714	0,2714	0,4	0,0027	0,4027

Fonte: Autor (2021).

Para definir o valor correspondente ao Fator 4, verifica-se a faixa de variação nos sistemas através do cálculo de contribuição de cada sistema para o número total de não conformidades, para isso deve-se utilizar a seguinte equação:

$$\% \text{ de escala por sistema} = \frac{\sum \text{escalas}_{\text{sistema}}}{\sum \text{escalas}_{\text{total}}} \cdot 100$$

Substituindo pelas escalas de cada sistema, obtém-se os seguintes valores:

$$\text{Estrutura} = \frac{96}{241} \cdot 100 = 39,834\%$$

$$\text{Paredes e painéis} = \frac{59}{241} \cdot 100 = 24,481\%$$

$$\text{Cobertura} = \frac{14}{241} \cdot 100 = 5,809\%$$

$$\text{Pisos e revestimentos} = \frac{22}{241} \cdot 100 = 9,130\%$$

$$\text{Instalações} = \frac{20}{241} \cdot 100 = 20,746\%$$

Em posse dos valores da contribuição de cada sistema, deve-se utilizar do quadro a seguir, identificando a faixa correspondente de F_4 .

Quadro 38 - Faixa de variação nos sistemas

Faixas correspondentes à F_4					
Média	A		B		C
	Mínimo	Máximo	Mínimo 2	Máximo 2	O que não estiver inserido na faixa A ou na faixa B
0,2	0,1	0,4	0,05	0,50	

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 80). Adaptado pelo autor (2021).

Em seguida, verifica-se o quadro d) Função de Não Conformidades nos Diferentes Sistemas para identificar o valor de F_4 .

Quadro 39 - Não conformidades detectadas

d) Função de Não Conformidades nos Diferentes Sistemas				
	Faixa	Intervalo		F_4
1	A	0,5 M	2,0 M	1,0
2	B	0,25 M	2,5 M	1,25
3	C	Menos de 0,25	Mais de 0,25	1,5

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 80). Adaptado pelo autor (2021).

Desta forma, obtém-se para o fator 4 o valor de 1,25, indicando a falta de simetria entre as não conformidades nos diferentes sistemas.

Uma vez que os valores dos fatores 2 a 4 de todos os sistemas foram obtidos, procede-se ao cálculo do desempenho de cada sistema através da seguinte equação:

$$D_{sistema} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + F_2 sistema) \cdot (1 + F_3 sistema)} \right] - 1 \right\} \cdot F_4$$

Preenchendo com os dados levantados, obtém-se:

$$D_{estrutura} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + F_2 estrutura) \cdot (1 + F_3 estrutura)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{estrutura} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + 0,3) \cdot (1 + 0,5777)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{estrutura} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1,3) \cdot (1,5777)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{estrutura} = \left\{ \left[\sqrt[2]{2,0510} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{estrutura} = \{ [1,4321] - 1 \} \cdot 1,25$$

$$D_{estrutura} = \{ 0,4321 \} \cdot 1,25$$

$$D_{estrutura} = \mathbf{0,5401}$$

Da mesma forma:

$$D_{\text{paredes e painéis}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + F_2 \text{ paredes e painéis}) \cdot (1 + F_3 \text{ paredes e painéis})} \right] - 1 \right\} \cdot F_4$$

$$D_{\text{paredes e painéis}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + 0,3263) \cdot (1 + 0,3188)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{\text{paredes e painéis}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1,3263) \cdot (1,3188)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{\text{paredes e painéis}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{1,7491} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{\text{paredes e painéis}} = \{ [1,3225] - 1 \} \cdot 1,25$$

$$D_{\text{paredes e painéis}} = \{ 0,3225 \} \cdot 1,25$$

$$\mathbf{D_{paredes e painéis} = 0,4031}$$

$$D_{\text{cobertura}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + F_2 \text{ cobertura}) \cdot (1 + F_3 \text{ cobertura})} \right] - 1 \right\} \cdot F_4$$

$$D_{\text{cobertura}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + 0,2) \cdot (1 + 0,3259)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{\text{cobertura}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1,2) \cdot (1,3259)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{\text{cobertura}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{1,5910} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{\text{cobertura}} = \{ [1,2613] - 1 \} \cdot 1,25$$

$$D_{\text{cobertura}} = \{ 0,2613 \} \cdot 1,25$$

$$\mathbf{D_{cobertura} = 0,3267}$$

$$D_{\text{pisos e revestimentos}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + F_2 \text{ pisos}) \cdot (1 + F_3 \text{ pisos})} \right] - 1 \right\} \cdot F_4$$

$$D_{\text{pisos e revestimentos}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + 0,2214) \cdot (1 + 0,3382)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{\text{pisos e revestimentos}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1,2214) \cdot (1,3382)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{\text{pisos e revestimentos}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{1,6344} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{\text{pisos e revestimentos}} = \{ [1,2784] - 1 \} \cdot 1,25$$

$$D_{\text{pisos e revestimentos}} = \{ 0,2784 \} \cdot 1,25$$

$$\mathbf{D_{pisos e revestimentos} = 0,3480}$$

$$D_{\text{instalações}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + F_2 \text{ instalações}) \cdot (1 + F_3 \text{ instalações})} \right] - 1 \right\} \cdot F_4$$

$$D_{\text{instalações}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + 0,2714) \cdot (1 + 0,4027)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{\text{instalações}} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1,2714) \cdot (1,4027)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{instalações} = \left\{ \left[\sqrt[2]{1,7833} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{instalações} = \{[1,3354] - 1\} \cdot 1,25$$

$$D_{instalações} = \{0,3354\} \cdot 1,25$$

$$\mathbf{D_{instalações} = 0,4192}$$

Após obter os valores de desempenho para cada sistema, procede-se à avaliação de condição dos sistemas através da aplicação do método proposto pela Norma Holandesa Parametrizada, conforme realizado anteriormente no item 4.1.1 do presente documento, para o estudo de caso número 1 foram obtidos os seguintes valores de condição para cada sistema:

$$\mathbf{Estrutura = 0,5}$$

$$\mathbf{Paredes e painéis = 0,31}$$

$$\mathbf{Cobertura = 0,415}$$

$$\mathbf{Pisos e revestimentos = 0,585}$$

$$\mathbf{Instalações = 0,65}$$

Com as informações obtidas até o momento através do método adaptado de Galende (2018) e da norma holandesa parametrizada, procede-se ao cálculo de depreciação da edificação através do método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011). Anteriormente, para o estudo de caso número 1 e apresentado no “Quadro 34 – Estrutura de determinação da depreciação física - Modelo proposto por Pimenta” no decorrer do item 4.1.3. Através do método proposto por Pimenta obteve-se os seguintes parâmetros:

Quadro 40 – Estrutura de determinação da depreciação física - Modelo proposto por Pimenta

Sistema	Porcentagem de Custo do Sistema (Ei)	Vida útil (Anos)	Idade Atual (Anos)	Idade em % de Vida Útil	Estado de Conservação	<i>k</i>	Fator de Depreciação Global (<i>k_t</i>)
Estrutura	33,00%	100	28	28,00%	33,20%	0,452	0,685
Paredes e painéis	19,00%	100	28	28,00%	18,10%	0,328	
Cobertura	1,50%	75	28	37,30%	33,20%	0,503	
Pisos e revestimentos	21,30%	20	28	140%	52,60%	1,322	
Instalações	25,20%	50	28	56%	52,60%	0,733	

Fonte: Autor (2021).

Entretanto, na metodologia proposta, deve-se alterar os parâmetros de idade atual do sistema, pelo desempenho aparente, sendo este o desempenho do sistema calculado através do método adaptado de Galende (2018) multiplicado pela vida útil do sistema.

Outro parâmetro a ser alterado no modelo proposto por Pimenta (2011) é o estado de conservação de Heidecke, que por sua vez, é substituído pelos valores de condição obtidos através do método da norma holandesa parametrizada. Sendo assim, obtém-se os seguintes dados:

Quadro 41 – Cálculo do desempenho aparente

	Desempenho calculado	Vida Útil	Desempenho × Vida útil (Desempenho aparente)
Estrutura	0,5401	100	54
Paredes e painéis	0,4031	100	40
Cobertura	0,3267	75	25
Pisos e revestimentos	0,348	20	7
Instalações	0,4192	50	21

Fonte: Autor (2021).

Alterando os dados mencionados na estrutura de cálculo da depreciação de Ross-Heidecke proposta por Pimenta (2011), tem-se a seguinte depreciação para a edificação:

Quadro 42 – Estrutura de determinação da depreciação física - Modelo proposto por Pimenta

Sistema	Porcentagem de Custo do Sistema (Ei)	Vida útil (Anos)	Desempenho Aparente	Idade em % de Vida Útil	Classificação de Condição	<i>k</i>	Fator de Depreciação Global (<i>k_t</i>)
Estrutura	33,00%	100	54	54,00%	50,00%	0,708	0,673
Paredes e painéis	19,00%	100	40	40,30%	31,00%	0,505	
Cobertura	1,50%	75	25	32,70%	41,50%	0,542	
Pisos e revest.	21,30%	20	7	34,80%	58,50%	0,682	
Instalações	25,20%	50	21	41,90%	65,00%	0,754	

Fonte: Autor (2021).

Desta forma, verifica-se que através do método proposto, o Fator de Depreciação Global (*k_t*) calculado da edificação foi de 67,30%.

4.2 CASO DE ESTUDO DE NÚMERO 2

Devido crescentes preocupações dos usuários e moradores quanto ao aparecimento de anomalias na edificação, sugeriu-se a contratação de especialistas para analisar as anomalias e a gravidades destas. Desta forma, a síndica do imóvel residencial efetuou a contratação de equipe técnica para realizar as devidas vistorias na edificação com a finalidade de observar, analisar e documentar as não conformidades presentes na edificação.

Figura 24 - Fachada da edificação objeto de estudo



Fonte: Arquivo pessoal.

A edificação foi cuidadosamente estudada pela equipe técnica, os quais verificaram o subsolo, pilotis e os seis pavimentos que compunham o edifício. Assim como o caso verificado anteriormente, a estrutura do edifício é composta por concreto armado, tem fechamentos em bloco de tijolo cerâmico, esquadrias em alumínio e vidro temperado e a cobertura é composta por telhas de fibrocimento.

Foi apresentado o laudo técnico analisando cada não conformidade acompanhado por um registro fotográfico, considerações e conclusões. A partir das informações registradas neste documento técnico, foram realizados os cálculos de depreciação a seguir.

4.2.1 Aplicação de método proposto na Norma Holandesa parametrizada

Inicialmente, classificam-se os sistemas a serem avaliados na edificação do caso de estudo 2. Em seguida, os sistemas são subdivididos nos componentes afetados pelas

não conformidades. Os defeitos devem então ser classificados quanto a sua importância, intensidade e extensão.

Subdividindo e classificando os sistemas, obteve-se os seguintes quadros:

Quadro 43 – Classificação da condição do Sistema 1 - Estrutura

Sistema 1 - Estrutura				
Elemento	Tampa reservatório	Laje casa de máquinas	Juntas de dilatação	Fissura na saída da garagem
Importância dos defeitos	Crítica	Grave	Grave	Grave
Intensidade dos defeitos	Média	Média	Média	Média
Extensão dos defeitos	3	3	4	2
Classificação da condição	0,5	0,33	0,5	0,17

Autor (2021).

Quadro 44 – Classificação da condição do Sistema 2 – Paredes e painéis

Sistema 2 – Paredes e painéis					
Elemento	Parede 1	Parede 2 (Casa de Máquinas)	Falha no rejunte	Teto em gesso	Infiltração gesso
Importância dos defeitos	Grave	Grave	Leve	Leve	Grave
Intensidade dos defeitos	Média	Média	Baixa	Média	Média
Extensão dos defeitos	3	2	1	2	3
Classificação da condição	0,33	0,17	0,17	0,17	0,33

Autor (2021).

Quadro 45 – Classificação da condição do Sistema 3 – Cobertura

Sistema 3 – Cobertura		
Elemento	Grelha hemisférica	Telhamento
Importância dos defeitos	Grave	Crítica
Intensidade dos defeitos	Baixa	Média
Extensão dos defeitos	2	3
Classificação da condição	0,17	0,5

Autor (2021).

Quadro 46 – Classificação da condição do Sistema 4 – Pisos e revestimentos

Sistema 4 – Pisos e revestimentos				
Elemento	Degraus	Saída da garagem	Rampas de acesso	Eflorescência fachada
Importância dos defeitos	Leve	Crítica	Crítica	Grave
Intensidade dos defeitos	Média	Média	Alta	Média
Extensão dos defeitos	4	4	5	3
Classificação da condição	0,17	0,67	1	0,33

Autor (2021).

Quadro 47 – Classificação da condição do Sistema 5 – Instalações

Sistema 5 – Instalações					
Elemento	Gás encanado	SPDA	Luz emergência	Hidrantes	Extintores
Importância dos defeitos	Crítica	Crítica	Grave	Crítica	Crítica
Intensidade dos defeitos	Média	Média	Média	Alta	Alta
Extensão dos defeitos	2	3	3	5	4
Classificação da condição	0,33	0,5	0,33	1	0,83

Autor (2021).

Para obter a classificação da condição do sistema, deve-se calcular a média aritmética da classificação dos componentes, desta forma tem-se:

$$Estrutura = \frac{0,5 + 0,33 + 0,5 + 0,17}{4} = \mathbf{0,375}$$

$$Paredes e painéis = \frac{0,33 + 0,17 + 0,17 + 0,17 + 0,33}{5} = \mathbf{0,195}$$

$$Cobertura = \frac{0,17 + 0,5}{2} = \mathbf{0,335}$$

$$Pisos e revestimentos = \frac{0,17 + 0,33 + 0,5 + 0,33}{4} = \mathbf{0,443}$$

$$Instalações = \frac{0,33 + 0,5 + 0,33 + 1 + 0,83}{5} = \mathbf{0,598}$$

A fim de classificar a condição geral da edificação, deve-se calcular a média aritmética da classificação dos sistemas, sendo assim:

$$Edificação = \frac{Sistema\ 1 + Sistema\ 2 + \dots + Sistema\ n}{n}$$

$$Edificação = \frac{0,375 + 0,195 + 0,335 + 0,443 + 0,598}{5}$$

$$Edificação = \mathbf{0,3892}$$

Com base na classificação parametrizada obtida, é possível obter a descrição de condição geral da edificação de acordo com a tabela parametrizada de condição geral:

Tabela 2 – Classificação parametrizada de condição geral

Avaliação de condição	Descrição geral de condição
0,17	Excelente
0,33	Bom
0,5	Razoável
0,67	Ruim
0,83	Grave
1	Péssimo

Fonte: Autor (2021).

Verifica-se que através do método da norma holandesa parametrizada, a condição do imóvel foi classificada como razoável.

4.2.2 Aplicação do método proposto por Galende (2018)

Conforme mencionado, deve-se preencher o quadro de não conformidades identificadas. O resultado do preenchimento pode ser visto na Figura 25.

Figura 25 – Quadro de não conformidades identificadas – Caso de Estudo 2

Dados da Edificação – Caso de estudo 2						
Idade Real (IR)		30				
Idade Aparente (IA)		27				
Vida Útil (VU)		60				
% IR/VU		50,00%				
% IA/VU		45,00%				
Estado de Conservação		Regular				
Não conformidades – Caso de estudo 2						
Sistemas	N.C.*	Criticidade			Escalas	N.C.*10
		Min.	Méd.	Max		
Estrutura	11	0	6	5	80	110
Paredes e painéis	17	10	7	0	45	170
Cobertura	7	5	2	0	15	70
Pisos e revestimentos	5	3	1	1	18	50
Instalações	28	17	10	1	77	280
Total	68	35	26	7	235	680
Escalas						
Criticidade	Mínimo		1			
	Médio		5			
	Máximo		10			
Fórmula do método baseado na norma ABNT NBR 15575:2013						
$D = \{[\sqrt[3]{(1 + F_1) \cdot (1 + F_2) \cdot (1 + F_3)}] - 1\} \cdot F_4$						

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 67). Adaptado pelo autor (2021).

Procede-se ao cálculo dos fatores 1 a 4.

$$F_1 = F_{1A} + F_{1B}$$

Para encontrar o valor de F_{1A} , verifica-se inicialmente a percentagem de vida útil percorrida da edificação, desta forma:

$$\%VU = \frac{u}{n}$$

Onde:

$\%VU$ – Percentagem de vida útil;

u – Idade real da edificação;

n – Vida útil de projeto.

Assim:

$$\%VU = \frac{30}{60}$$

$$\%VU = 0,5$$

O intervalo de 50% no quadro a) de idade equivale a Faixa E, onde $F_{1A} = 0,5$.

Quadro 48 - Valores para o coeficiente F_{1A}

a) Idade				
	FAIXA	INTERVALO		F_{1A}
1	A	0	10	0,1
2	B	11	20	0,2
3	C	21	30	0,3
4	D	31	40	0,4
5	E	41	50	0,5
6	F	51	60	0,6
7	G	61	70	0,7
8	H	71	80	0,8
9	I	81	90	0,9
10	J	90	100	1

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 76). Adaptado pelo autor (2021).

Posteriormente, calculando F_{1B} :

$$F_{1B} = \left(\left(\frac{u}{n} \right) \cdot 100 - Z_1 \right) \cdot \alpha$$

Onde:

u – Idade real da edificação;

n – Vida útil de projeto;

Z_1 – Menor valor do intervalo encontrado no Quadro 48;

α – Coeficiente correspondente a $\left(\frac{Y_1}{Y_2}\right) = \left(\frac{0,1}{9}\right) = 0,0111$.

Substituindo pelos valores obtidos:

$$F_{1B} = \left(\left(\frac{30}{60} \right) \cdot 100 - 41 \right) \cdot 0,0111$$

$$F_{1B} = 0,1$$

Logo:

$$F_1 = F_{1A} + F_{1B}$$

$$F_1 = 0,5 + 0,1$$

$$F_1 = 0,6$$

Para determinar o valor de F_2 , verifica-se o número de não conformidades total, no caso de estudo 2, o número de não conformidades total é de 68. É então checado em qual faixa do coeficiente de F_{2A} se enquadra o valor 68 para número total de não conformidades. Inicialmente, pelo valor de não conformidades, enquadrar-se-ia na faixa F, onde $F_{2A}=0,5$, porém, como o sistema de instalações possui 28 não conformidades, faz-se necessário a alteração para a faixa seguinte, uma vez que a faixa F permite um máximo de 20 não conformidades por sistema. Sendo assim, $F_{2A} = 0,6$.

Quadro 49 - Valores para o coeficiente F_{2A}

a) Número de Não Conformidades					
	Faixa	Intervalo		F_{2A}	Observação
1	A	0	5	0,1	No máximo 1 para cada sistema
2	B	6	20	0,2	No máximo 4 para cada sistema
3	C	21	40	0,3	No máximo 8 para cada sistema
4	D	41	60	0,4	No máximo 12 para cada sistema
5	E	61	100	0,5	No máximo 20 para cada sistema
6	F	101	150	0,6	No máximo 30 para cada sistema
7	G	151	200	0,7	No máximo 40 para cada sistema
8	H	201	250	0,8	No máximo 50 para cada sistema
9	I	251	300	0,9	No máximo 60 para cada sistema
10	J	301	-	1,0	

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 77). Adaptado pelo autor (2021).

Após obter o valor de F_{2A} , calcula-se o valor de F_{2B} através da expressão:

$$F_{2B} = \frac{((NC_{total} - W)Y_1)}{T}$$

Onde:

NC_{total} – Número total de não conformidades;

W – Menor valor do intervalo de acordo com a faixa em que F_{2A} foi classificado, vide Quadro 49;

T – Diferença entre o menor e maior valor do intervalo conforme faixa em que F_{2A} foi classificado, vide Quadro 49.

Substituindo pelos dados obtidos:

$$F_{2B} = \frac{((68 - 61). 0,1)}{39}$$

$$F_{2B} = \mathbf{0,0179}$$

Desta forma:

$$F_2 = F_{2A} + F_{2B}$$

$$F_2 = 0,6 - 0,0489$$

$$F_2 = \mathbf{0,6179}$$

Calculando o fator 3, tem-se:

$$F_3 = F_{3A} + F_{3B}$$

Para encontrar o valor de F_{3A} deve-se encontrar a porcentagem da função de intensidade, sendo esta obtida através de divisão da somatória dos valores das escalas pela somatória dos valores totais de não conformidades multiplicado por 10, expresso pela equação:

$$\%FI = \frac{\sum escalas}{\sum NC. 10}$$

Onde:

$\%FI$ – Porcentagem da função de intensidade;

$\sum escalas$ – Somatório das não conformidades multiplicadas pelos valores equivalentes as suas criticidades;

$\sum NC. 10$ – Valor total de não conformidades identificados em todos os sistemas multiplicado por dez.

Substituindo com as informações preenchidas na Figura 25, tem-se:

$$\%FI = \frac{235}{68 \cdot 10}$$

$$\%FI = \mathbf{0,3455}$$

O valor obtido para %FI é de 34,55%, enquadrando-se no intervalo entre 31 e 40 no quadro c) função da intensidade/criticidade de não conformidades, equivalente a Faixa D, onde $F_{3A} = 0,4$.

Quadro 50 - Valores para o coeficiente F_{3A}

c) Função da Intensidade/Criticidade de Não Conformidades				
	Faixa	Intervalo		F_{3A}
1	A	0	10	0,1
2	B	11	20	0,2
3	C	21	30	0,3
4	D	31	40	0,4
5	E	41	50	0,5
6	F	51	60	0,6
7	G	61	70	0,7
8	H	71	80	0,8
9	I	81	90	0,9
10	J	90	100	1,0

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 78). Adaptado pelo autor (2021).

Deve-se então calcular o valor de F_{3B} através da seguinte equação:

$$F_{3B} = \left(\left(\frac{\sum escalas}{\sum NC \cdot 10} \right) \cdot 100 - Z_2 \right) \cdot \alpha$$

Onde:

$\sum escalas$ – Somatório das não conformidades multiplicadas pelos valores equivalentes as suas criticidades;

$\sum NC \cdot 10$ – Valor total de não conformidades identificados em todos os sistemas multiplicado por dez;

Z_2 – Menor valor do intervalo da faixa correspondente no Quadro 50;

α – Coeficiente correspondente a $\left(\frac{Y_1}{Y_2} \right) = \left(\frac{0,1}{9} \right) = 0,0111$.

Substituindo:

$$F_{3B} = \left(\left(\frac{235}{680} \right) \cdot 100 - 31 \right) \cdot 0,0111$$

$$F_{3B} = 0,0395$$

Logo:

$$F_3 = F_{3A} + F_{3B}$$

$$F_3 = 0,4 + 0,0395$$

$$F_3 = 0,4395$$

Para calcular o Fator 4, deve-se verificar a faixa de variação nos sistemas através do cálculo de contribuição de cada sistema para o número total de não conformidades, para isso deve-se utilizar a seguinte equação:

$$\% \text{ de escala por sistema} = \frac{\sum \text{escalas}_{\text{sistema}}}{\sum \text{escalas}_{\text{total}}} \cdot 100$$

Substituindo pelas escalas de cada sistema, obtém-se os seguintes valores:

$$\text{Estrutura} = \frac{80}{235} \cdot 100 = 34,04\%$$

$$\text{Paredes e painéis} = \frac{45}{235} \cdot 100 = 19,15\%$$

$$\text{Cobertura} = \frac{15}{235} \cdot 100 = 6,38\%$$

$$\text{Pisos} = \frac{18}{235} \cdot 100 = 7,66\%$$

$$\text{Instalações} = \frac{77}{235} \cdot 100 = 32,77\%$$

Em posse dos valores da contribuição de cada sistema, deve-se utilizar do quadro a seguir, identificando a faixa correspondente de F_4 .

Quadro 51 - Faixa de variação nos sistemas

Faixas correspondentes à F_4					
Média	A		B		C
	Mínimo	Máximo	Mínimo 2	Máximo 2	
0,2	0,1	0,4	0,05	0,50	O que não estiver inserido na faixa A ou na faixa B

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 80). Adaptado pelo autor (2021).

Em seguida, verifica-se o quadro d) Função de Não Conformidades nos Diferentes Sistemas para identificar o valor de F_4 .

Quadro 52 - Não conformidades detectadas

d) Função de Não Conformidades nos Diferentes Sistemas				
	Faixa	Intervalo		F_4
1	A	0,5 M	2,0 M	1,0
2	B	0,25 M	2,5 M	1,25
3	C	Menos de 0,25	Mais de 0,25	1,5

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 80). Adaptado pelo autor (2021).

Uma vez em posse dos valores para os Fatores 1,2,3 e 4, pode-se calcular a depreciação através do método baseado na Norma ABNT NBR 15575:2013 proposta por Galende (2018), substituindo os dados obtidos na seguinte fórmula:

$$D = \left\{ \left[\sqrt[3]{(1 + F_1) \cdot (1 + F_2) \cdot (1 + F_3)} \right] - 1 \right\} \cdot F_4$$

$$D = \left\{ \left[\sqrt[3]{(1 + 0,6) \cdot (1 + 0,6179) \cdot (1 + 0,4395)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D = 0,68796$$

$$\text{Depreciação total} = 68,796\%$$

Através do método proposto por Galende (2018), a depreciação total da edificação do caso de estudo 2 foi calculada em 68,796%.

4.2.3 Aplicação do método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011)

Primeiramente, verifica-se a estrutura de custo conforme a tipologia da edificação a ser analisada. Uma vez que a tipologia e números de pavimentos coincide com o estudo de caso anterior, não há alteração na estrutura de custos. Sendo assim, baseado no quadro de estrutura de custos detalhada, distribui-se os itens dentre os sistemas avaliados, sendo estes: estrutura; paredes e painéis; cobertura; pisos e revestimentos; instalações. Desta forma, obtém-se a seguinte estrutura de custos:

Quadro 53 – Estrutura de custo para edificação em concreto armado com mais de 5 pavimentos

SISTEMA ESTRUTURA	
Movimento de Terras	1,0%
Fundações	4,0%
Superestrutura	28,0%
TOTAL	33,0%
SISTEMA PAREDES E PAINÉIS	
Alvenarias	8,50%
Vãos exteriores	6,00%
Vãos interiores	4,50%
TOTAL	19,00%
SISTEMA COBERTURA	
Cobertura	1,50%
TOTAL	1,50%
SISTEMA PISOS E REVESTIMENTOS	
Revestimentos de escadas e galerias	2,60%
Revestimento inicial de paredes e tetos	5,40%
Revestimento final interior de paredes	5,50%
Revestimento final interior dos tetos	1,30%
Revestimento final exterior	1,50%
Revestimentos iniciais de pisos	1,00%
Revestimento final de piso das zonas secas	3,00%
Revestimento final de piso das zonas úmidas	1,00%
TOTAL	21,30%
SISTEMA INSTALAÇÕES	
Rede de águas	3,30%
Instalação de esgotos e ventilações	2,70%
Instalação elétrica	4,30%
Elevadores	6,00%
Diversos	3,90%
Equipamento de cozinha e lavagem	2,50%
Equipamento casa de banho	2,00%
Arranjos exteriores	0,50%
TOTAL	25,20%

Fonte: Autor (2021).

Em seguida, verifica-se o período de vida útil estimado para os elementos de construção.

Tabela 4 – Vida útil por sistema

Sistema	Vida útil (Anos)
Estrutura	100
Paredes e painéis	100
Cobertura	75
Pisos e revestimentos	20
Instalações	50

Fonte: Autor (2021).

Posteriormente, analisa-se o estado de conservação (C) de cada sistema e classifica de acordo com o quadro de Heidecke, desta forma, tem-se:

Quadro 54 – Estado de conservação por sistema

Sistema	Estado de Conservação (Qualitativo)	Estado de Conservação
Estrutura	Necessitando de reparos simples a importantes	0,332
Paredes e painéis	Necessitando de reparos simples	0,181
Cobertura	Necessitando de reparos simples a importantes	0,332
Pisos e revestimentos	Necessitando de reparos importantes	0,526
Instalações	Necessitando de reparos importantes	0,526

Fonte: Autor (2021).

Com base em todos os dados levantados, procede-se ao cálculo do fator de depreciação global (k_t), multiplicando os valores de depreciação do sistema (K) por cada respectiva porcentagem de custo do elemento (Ei), sendo assim obtém-se:

Quadro 55 – Estrutura de determinação da depreciação física - Modelo proposto por Pimenta

Sistema	Porcentagem de Custo do Sistema (Ei)	Vida útil (Anos)	Idade Atual (Anos)	Idade em % de Vida Útil	Estado de Conservação	k	Fator de Depreciação Global (k_t)
Estrutura	33,00%	100	30	30,00%	33,20%	0,462	0,814
Paredes e painéis	19,00%	100	30	30,00%	18,10%	0,341	
Cobertura	1,50%	75	30	40,00%	33,20%	0,519	
Pisos e revestimentos	21,30%	20	30	150%	0,3%	1,872	
Instalações	25,20%	50	30	60%	52,60%	0,754	

Fonte: Autor (2021).

Através do método proposto por Pimenta (2011), a depreciação total calculada da edificação foi de 81,40%.

4.2.4 Aplicação do método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011) combinado com Norma Holandesa parametrizada e método adaptado de Galende (2018)

Para dar início ao método, deve-se preencher o quadro de não conformidades identificadas durante o período de vistoria da edificação, conforme apresentado abaixo:

Figura 26 – Quadro de não conformidades identificadas – Caso de Estudo 2

Dados da Edificação – Caso de estudo 2						
Idade Real (IR)		30				
Idade Aparente (IA)		27				
Vida Útil (VU)		60				
% IR/VU		50,00%				
% IA/VU		45,00%				
Estado de Conservação		Regular				
Não conformidades – Caso de estudo 2						
Sistemas	N.C.*	Criticidade			Escalas	N.C.*10
		Min.	Méd.	Max		
Estrutura	11	0	6	5	80	110
Paredes e painéis	17	10	7	0	45	170
Cobertura	7	5	2	0	15	70
Pisos e revestimentos	5	3	1	1	18	50
Instalações	28	17	10	1	77	280
Total	68	35	26	7	235	680
		68				
Escalas						
Criticidade	Mínimo		1			
	Médio		5			
	Máximo		10			

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 67). Adaptado pelo autor (2021).

Após preenchimento do quadro de não conformidades, procede-se ao cálculo dos Fatores 2 e 3 de cada sistema, conforme demonstrado anteriormente. Após calcular os coeficientes F_2 e F_3 dos sistemas avaliados para edifício caso de estudo 2, obtém-se os seguintes valores:

Quadro 56 – Valores obtidos para os coeficientes F_2 e F_3 classificados por sistema

	F_{2A}	F_{2B}	$F_2 = F_{2A} + F_{2B}$	F_{3A}	F_{3B}	$F_3 = F_{3A} + F_{3B}$
Estrutura	0,2	0,0357	0,2357	0,8	0,0191	0,8191
Paredes e painéis	0,2	0,0785	0,2785	0,3	0,0607	0,3607
Cobertura	0,2	0,0071	0,2071	0,3	0,0048	0,3048
Pisos e revestimentos	0,1	0,1	0,2	0,4	0,0556	0,4556
Instalações	0,3	0,0368	0,3368	0,3	0,0722	0,3722

Fonte: Autor (2021).

Para definir o valor correspondente ao Fator 4, verifica-se a faixa de variação nos sistemas através do cálculo de contribuição de cada sistema para o número total de não conformidades, para isso deve-se utilizar a seguinte equação:

$$\% \text{ de escala por sistema} = \frac{\sum \text{escalas}_{\text{sistema}}}{\sum \text{escalas}_{\text{total}}} \cdot 100$$

Substituindo pelas escalas de cada sistema, obtém-se os seguintes valores:

$$\text{Estrutura} = \frac{80}{235} \cdot 100 = 34,04\%$$

$$\text{Paredes e painéis} = \frac{45}{235} \cdot 100 = 19,15\%$$

$$\text{Cobertura} = \frac{15}{235} \cdot 100 = 6,38\%$$

$$\text{Pisos e revestimentos} = \frac{18}{235} \cdot 100 = 7,66\%$$

$$\text{Instalações} = \frac{77}{235} \cdot 100 = 32,77\%$$

Em posse dos valores da contribuição de cada sistema, deve-se utilizar do quadro a seguir, identificando a faixa correspondente de F_4 .

Quadro 57 - Faixa de variação nos sistemas

Faixas correspondentes à F_4					
Média	A		B		C
	Mínimo	Máximo	Mínimo 2	Máximo 2	
0,2	0,1	0,4	0,05	0,50	O que não estiver inserido na faixa A ou na faixa B

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 80). Adaptado pelo autor (2021).

Em seguida, verifica-se o quadro d) Função de Não Conformidades nos Diferentes Sistemas para identificar o valor de F_4 .

Quadro 58 - Não conformidades detectadas

e) Função de Não Conformidades nos Diferentes Sistemas				
	Faixa	Intervalo		F_4
1	A	0,5 M	2,0 M	1,0
2	B	0,25 M	2,5 M	1,25
3	C	Menos de 0,25	Mais de 0,25	1,5

Fonte: GALENDE, A. B. F.; (2018, p. 80). Adaptado pelo autor (2021).

Desta forma, obtém-se para o fator 4 o valor de 1,25, indicando a falta de simetria entre as não conformidades nos diferentes sistemas.

Uma vez que os valores dos fatores 2 a 4 de todos os sistemas foram obtidos, procede-se ao cálculo do desempenho de cada sistema através da seguinte equação:

$$D_{sistema} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + F_2 sistema) \cdot (1 + F_3 sistema)} \right] - 1 \right\} \cdot F_4$$

Preenchendo com os dados levantados para cada sistema, obtém-se:

$$D_{estrutura} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + F_2 estrutura) \cdot (1 + F_3 estrutura)} \right] - 1 \right\} \cdot F_4$$

$$D_{estrutura} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + 0,2357) \cdot (1 + 0,8191)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$\mathbf{D_{estrutura} = 0,6241}$$

$$D_{paredes e painéis} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + F_2 paredes e painéis) \cdot (1 + F_3 paredes e painéis)} \right] - 1 \right\} \cdot F_4$$

$$D_{paredes e painéis} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + 0,2785) \cdot (1 + 0,3607)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$\mathbf{D_{paredes e painéis} = 0,3987}$$

$$D_{cobertura} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + F_2 cobertura) \cdot (1 + F_3 cobertura)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$D_{cobertura} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + 0,2071) \cdot (1 + 0,3048)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$\mathbf{D_{cobertura} = 0,3187}$$

$$D_{pisos e revestimentos} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + F_2 pisos) \cdot (1 + F_3 pisos)} \right] - 1 \right\} \cdot F_4$$

$$D_{pisos e revestimentos} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + 0,2) \cdot (1 + 0,4556)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$\mathbf{D_{pisos e revestimentos} = 0,4020}$$

$$D_{instalações} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + F_2 instalações) \cdot (1 + F_3 instalações)} \right] - 1 \right\} \cdot F_4$$

$$D_{instalações} = \left\{ \left[\sqrt[2]{(1 + 0,3368) \cdot (1 + 0,3722)} \right] - 1 \right\} \cdot 1,25$$

$$\mathbf{D_{instalações} = 0,4430}$$

Após obter os valores de desempenho para cada sistema, procede-se à avaliação de condição dos sistemas através da aplicação do método proposto pela Norma Holandesa Parametrizada, conforme realizado anteriormente no item 5.2.2 do presente documento, para o estudo de caso do edifício número 2, foram obtidos os seguintes valores de condição para cada sistema:

$$\mathbf{Estrutura = 0,375}$$

Paredes e painéis = 0,195

Cobertura = 0,335

Pisos e revestimentos = 0,443

Instalações = 0,598

Com base nas informações levantadas até o momento, procede-se à inserção dos valores obtidos no modelo proposto por Pimenta (2011), alterando o valor do estado de conservação de Heidecke do sistema pela condição de calculada do sistema através do método da norma holandesa parametrizada, assim como alteração da idade atual da edificação por seu desempenho aparente multiplicado pela vida útil do elemento, conforme já mencionado. Desta forma, obtém-se a seguinte depreciação para a edificação:

Quadro 59 – Estrutura de determinação da depreciação física - Modelo proposto por Pimenta

Sistema	Porcentagem de Custo do Sistema (Ei)	Vida útil (Anos)	Desempenho Aparente	Idade em % de Vida Útil	Classificação de Condição	k	Fator de Depreciação Global (k_t)
Estrutura	33,00%	100	62	62,40%	37,50%	0,692	0,626
Paredes e painéis	19,00%	100	40	39,90%	19,50%	0,419	
Cobertura	1,50%	75	24	31,90%	33,50%	0,475	
Pisos e revest.	21,30%	20	8	40,20%	44,30%	0,600	
Instalações	25,20%	50	19	44,30%	59,80%	0,726	

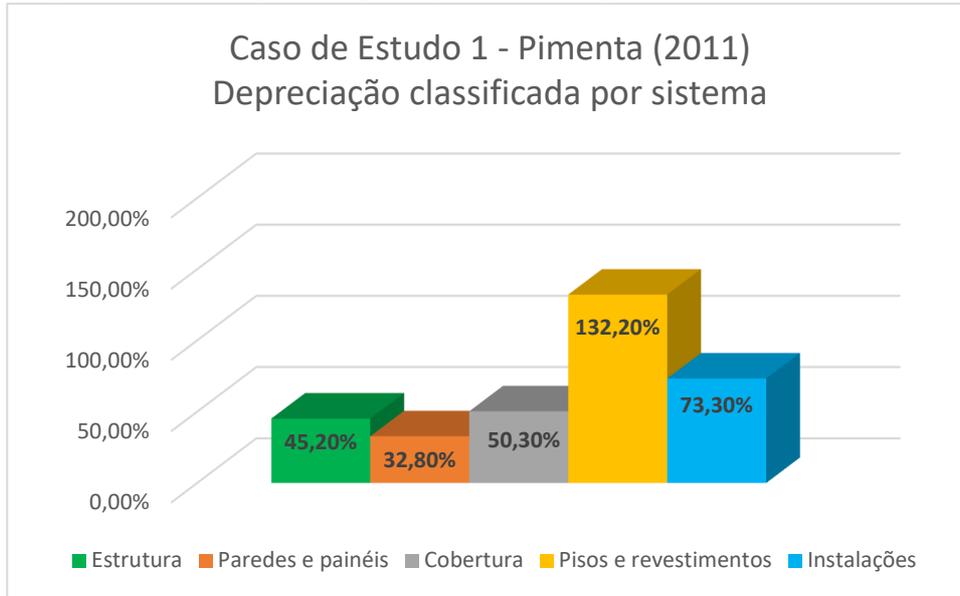
Fonte: Autor (2021).

Portanto, verifica-se que através do método proposto, o Fator de Depreciação Global (k_t) calculado da edificação foi de 62,60%.

4.3 RESULTADOS

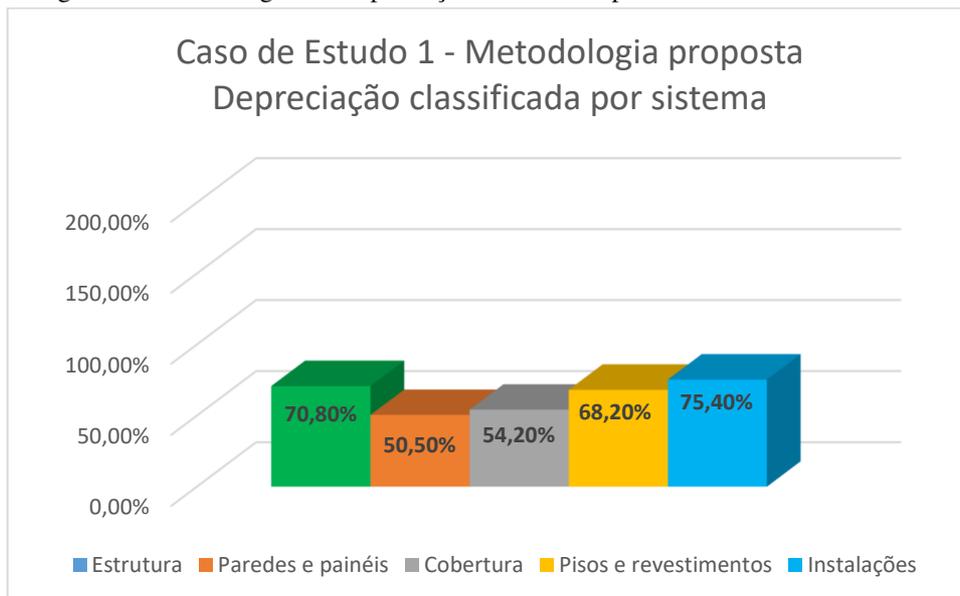
Foram realizadas análises comparativas entre os resultados obtidos através do método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011) e do método proposto pelo autor. Inicialmente, verificou-se a depreciação calculada para cada sistema, conforme observado a seguir:

Figura 27 – Porcentagem de depreciação classificada por sistema – Caso de estudo 1



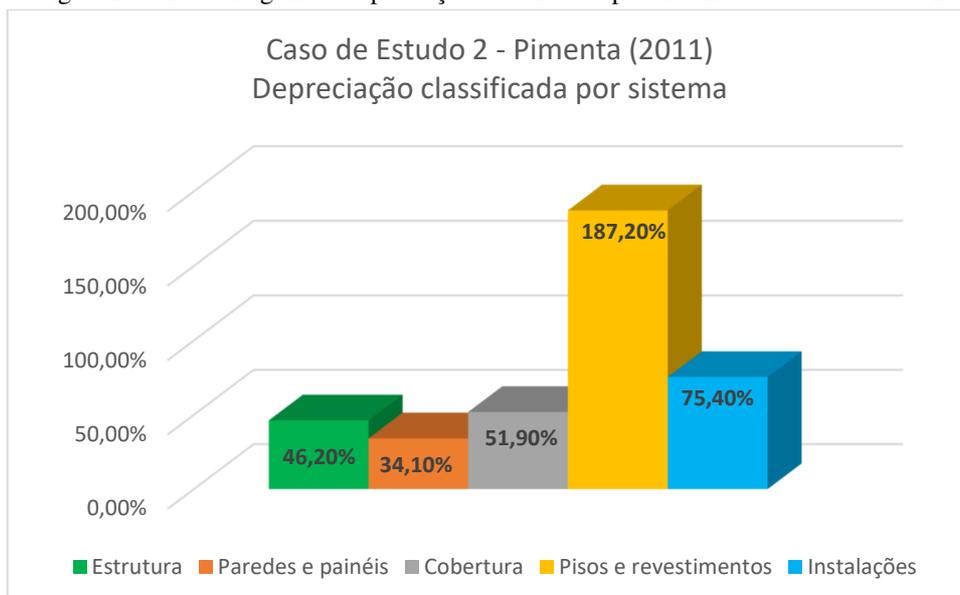
Fonte: Autor (2021).

Figura 28 – Porcentagem de depreciação classificada por sistema – Caso de estudo 1



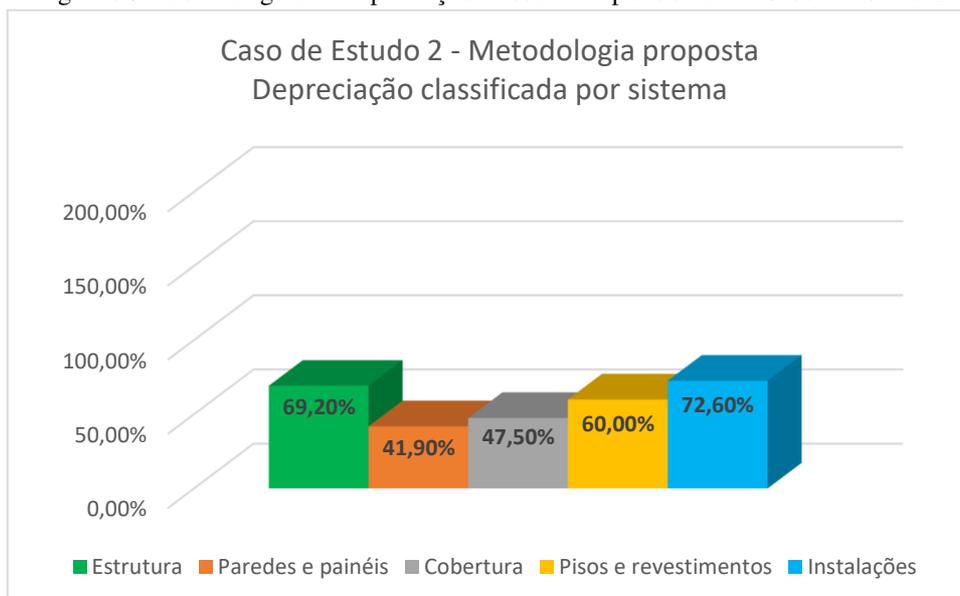
Fonte: Autor (2021).

Figura 29 – Porcentagem de depreciação classificada por sistema – Caso de estudo 2



Fonte: Autor (2021).

Figura 30 – Porcentagem de depreciação classificada por sistema – Caso de estudo 2



Fonte: Autor (2021).

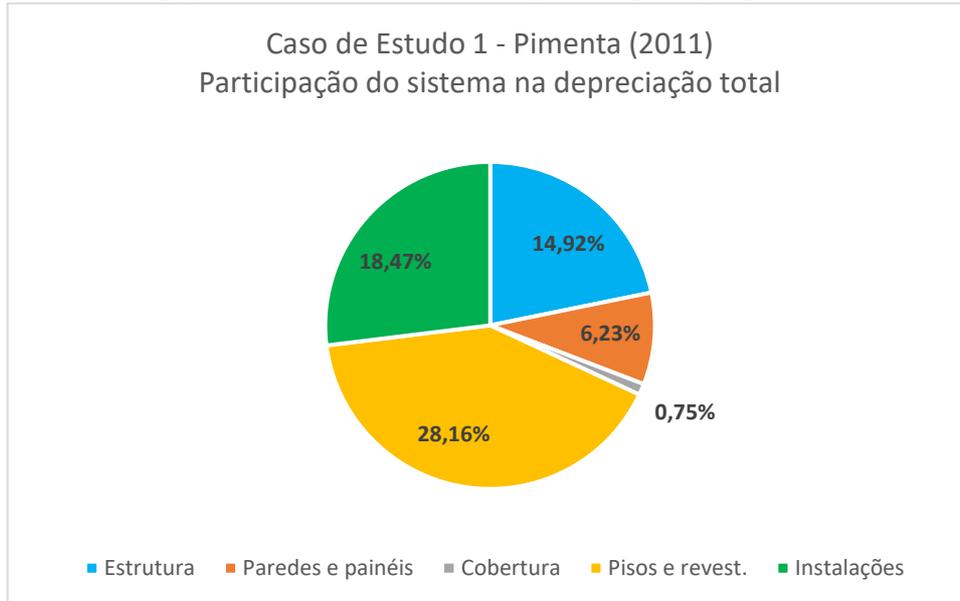
Verifica-se que através do método de Ross-Heidecke adaptado por Pimenta há ocorrência de depreciação superior a 100% nos sistemas onde a idade atual excede a vida útil estimada em projeto.

É observado um aumento na depreciação da estrutura através do método proposto, isso se deve ao resultado obtido no desempenho aparente do sistema, que por sua vez é superior ao resultado baseado somente na idade real. Desta forma, acredita-se que o

resultado obtido pelo método proposto por Pimenta também pode traduzir baixa depreciação para sistemas com grande expectativa de vida útil, especialmente em seus anos iniciais, conforme observado nos casos de estudo desta pesquisa.

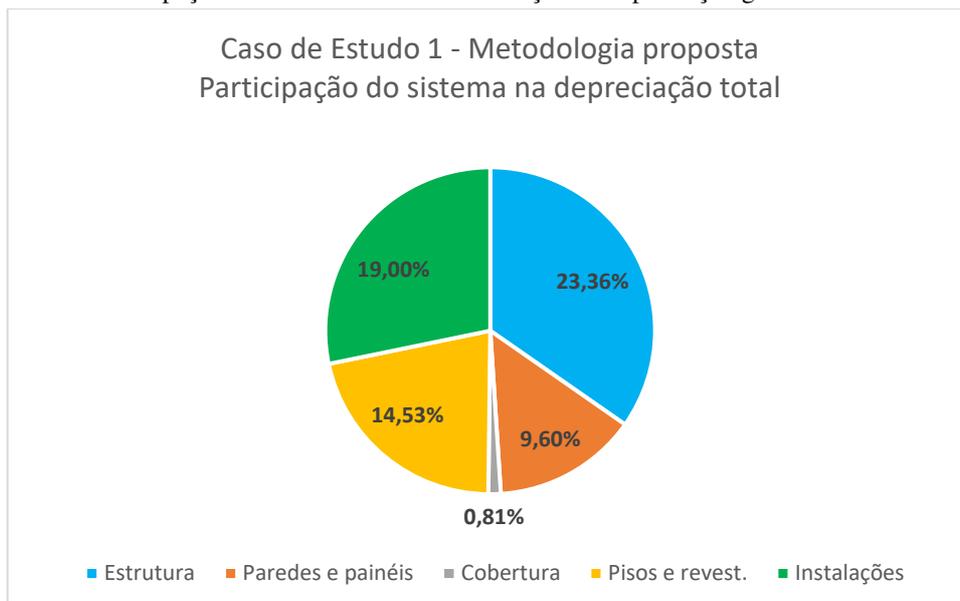
Foi analisada também a participação de cada sistema para o cálculo da depreciação global, conforme apresentados abaixo:

Figura 31 – Participação de cada sistema na constituição da depreciação global – Caso de estudo 1



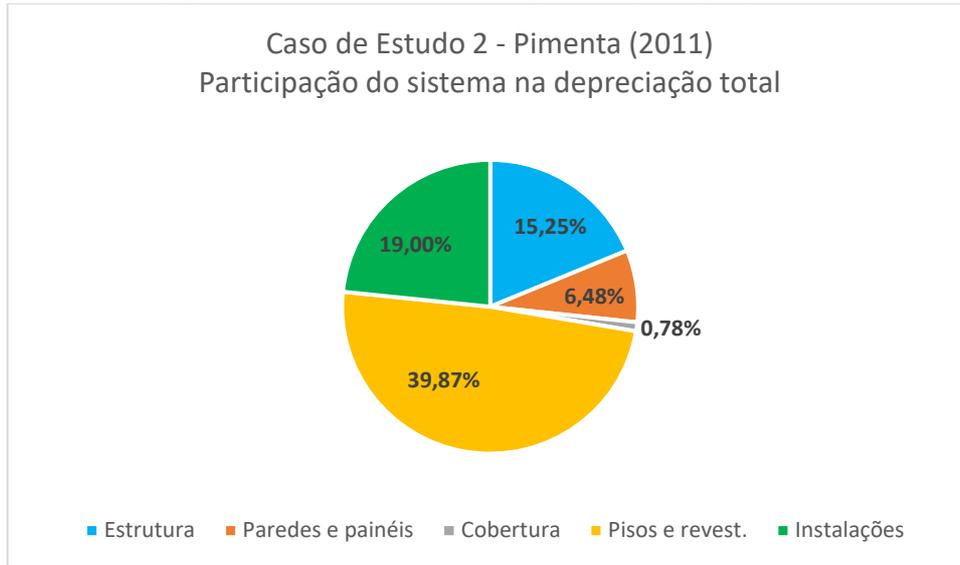
Fonte: Autor (2021).

Figura 32 – Participação de cada sistema na constituição da depreciação global – Caso de estudo 1



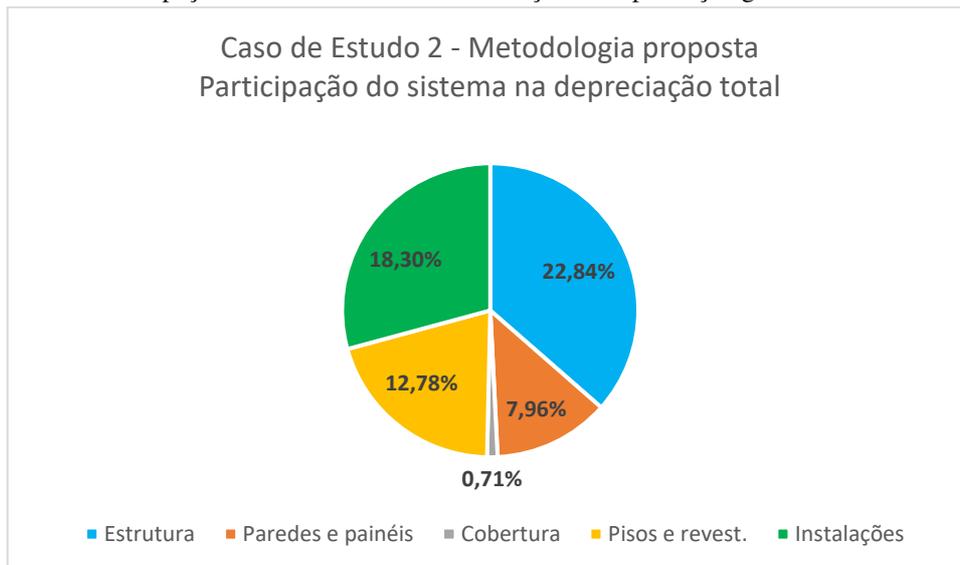
Fonte: Autor (2021).

Figura 33 – Participação de cada sistema na constituição da depreciação global – Caso de estudo 2



Fonte: Autor (2021).

Figura 34 – Participação de cada sistema na constituição da depreciação global – Caso de estudo 2

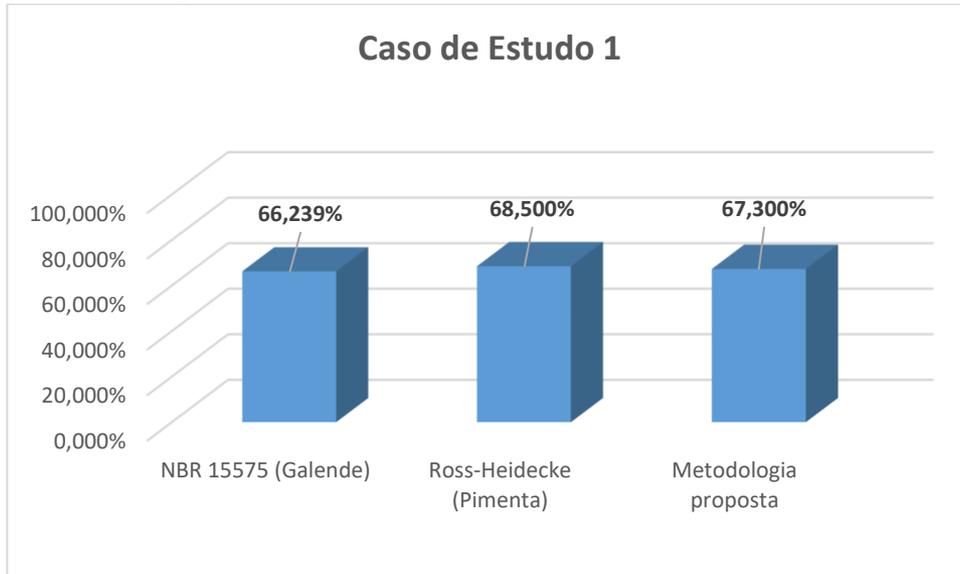


Fonte: Autor (2021).

Ao analisar os dados obtidos e traduzidos nos gráficos apresentados, verifica-se que grande parcela da depreciação global calculada através do método proposto por Pimenta (2011) decorre dos sistemas com vida atual próxima ou superior da vida útil estimada em projeto, sendo o resultado acentuado no caso de estudo número 2, onde os pisos e revestimentos representam quase 40% da depreciação total da edificação. Os resultados da participação corroboram com a análise dos resultados obtidos através da depreciação individual de cada sistema.

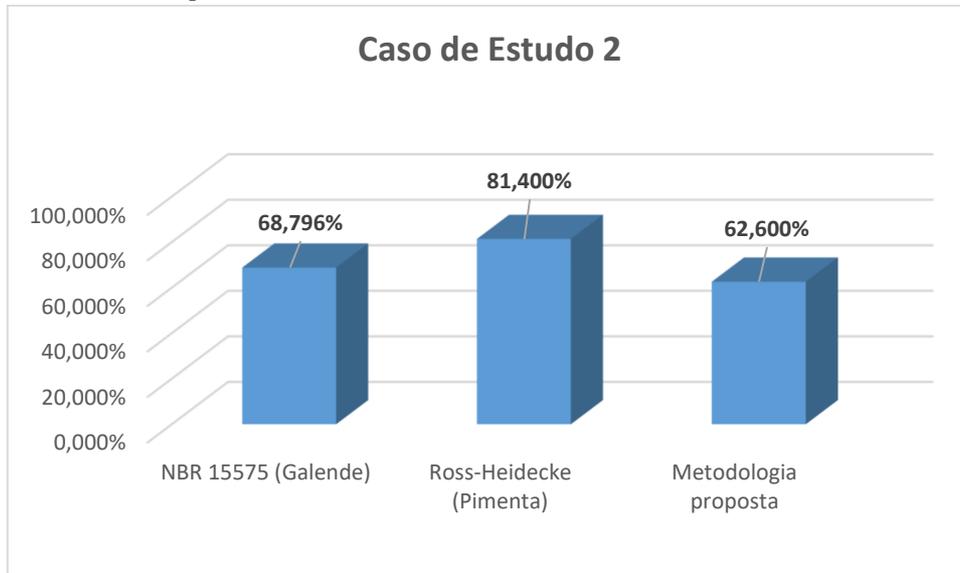
Em seguida, foi realizada a comparação dos resultados obtidos para o Fator de Depreciação Global (k_t) através do método proposto por Galende (2013), o método proposto por Pimenta (2011) e a metodologia proposta nesta pesquisa. Foram obtidos os seguintes dados:

Figura 35 – Gráfico comparativo de resultados obtidos através dos diferentes métodos – Caso de estudo 1



Fonte: Autor (2021).

Figura 36 – Gráfico comparativo de resultados obtidos através dos diferentes métodos – Caso de estudo 2



Fonte: Autor (2021).

Observa-se que para os casos de estudo da presente pesquisa houve semelhança entre os resultados dos métodos, porém, no caso de estudo de número 2, é possível

identificar uma discrepância no Fator de Depreciação Global (k_t) calculado através do método proposto por Pimenta (2011), acredita-se que este aumento significativo seja um reflexo da inconsistência obtida através do método quando a idade atual do sistema excede a vida útil estimada de projeto para aquele sistema.

5 CONCLUSÕES

Com exceção da Norma Holandesa Parametrizada que tem como objetivo a classificação de condição geral da edificação, foram utilizados três diferentes métodos para estimar a depreciação da edificação caso de estudo, sendo estes: Método baseado na Norma ABNT NBR 15575:2013 proposta por Galende (2018), Ross-Heidecke adaptado por Pimenta (2011) e a metodologia proposta pelo autor. Analisando os dados obtidos, verifica-se que houve homogeneidade entre os resultados para o caso de estudo 1, apresentando variação inferior a 3% para o valor de Depreciação Global (k_t) entre os diferentes métodos aplicados.

A edificação estudo de caso de número 2, por sua vez, apresentou aumento considerável no valor do Fator de Depreciação Global (k_t) obtido através do método de Ross-Heidecke proposto por Pimenta (2011), onde a depreciação calculada foi de 81,40%.

Um dos motivos deste aumento significativo se deve a idade atual do sistema de pisos e revestimentos, a edificação possui aproximadamente 30 anos desde sua construção, já a vida útil de projeto para os revestimentos é estimada em 20 anos, desta forma, calculou-se para este sistema uma depreciação de 1,872, ou seja, 187,20%, ocasionando assim num aumento do Fator de Depreciação Global (k_t).

A partir dos resultados da aplicação do método proposto, possibilita-se identificar os sistemas que apresentaram maior depreciação, assim como os sistemas que mais contribuíram para a depreciação da edificação de forma global. Sendo assim, o uso destas informações pode nortear os gestores do imóvel na tomada de decisões quanto à prioridade de aplicação de seus recursos na manutenção preventiva ou corretiva dos sistemas.

Fundamentado nos dados obtidos, acredita-se que a substituição do valor de referência “idade atual” por “desempenho aparente” torne o cálculo do Fator de Depreciação Global (k_t) mais preciso, uma vez que um elemento, componente ou sistema pode apresentar desempenho, mesmo após exceder sua vida útil de projeto, especialmente se tratando de patrimônios arquitetônicos, que por sua vez, podem perdurar por diversas gerações, excedendo a vida útil de projeto em todos os sistemas analisados, entretanto, não significando que devido a sua idade avançada, a edificação não mais possua valor.

5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

A seguir serão apresentadas sugestões para trabalhos futuros a fim de dar continuidade ao tema abordado neste trabalho e aprofundá-lo:

- Aplicar a metodologia proposta neste trabalho a imóveis de diferentes finalidades ou idades e comparar os resultados com os métodos clássicos apresentados;
- Propor uma escala de obsolescência;
- Alterar parâmetros na metodologia proposta, tal como: substituir a classificação de condição obtida através da Norma Holandesa Parametrizada no método proposto por Pimenta (2011) por uma correlação entre a Norma Holandesa e a curva de Heidecke;
- Analisar comportamento do método proposto sem a alteração do parâmetro de classificação de condição obtido através da utilização da Norma Holandesa Parametrizada, mantendo a utilização do Estado de Conservação de Heidecke.

6 REFERÊNCIAS

- ANDRADE JUNIOR, N. V. D.; ANDRADE, M. R. D. C.; FREIRE, N. D. C. **O IPHAN E OS DESAFIOS DA PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO MODERNO: A aplicação na Bahia do Inventário Nacional da Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo Modernos.** 8º Seminário DOCOMOMO Brasil. Rio de Janeiro: DOCOMOMO. 2009. p. 28.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13752: Perícias de engenharia na construção civil.** ABNT. Rio de Janeiro, p. 8. 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-1: Avaliação de bens - Parte 1: Procedimentos Gerais.** ABNT. Rio de Janeiro, p. 11. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção.** ABNT. Rio de Janeiro, p. 25. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho.** partes 1-6. Rio de Janeiro. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14037: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos.** ABNT. Rio de Janeiro, p. 16. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 5492: Análise sensorial — Vocabulário.** ABNT. Rio de Janeiro, p. 29. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16747: Inspeção predial - Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento.** Rio de Janeiro, p. 14. 2020.
- BELZEGA, A. A. A. **Edifícios de Habitação - Caracterização e estimativa técnico-económica.** Lisboa: Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 1984. 998 p.
- BRAGA, D. K. **Arquitetura residencial das superquadras do Plano Piloto de Brasília: aspectos de conforto térmico.** Universidade de Brasília. Brasília, p. 168. 2005.
- CANTACUZINO, S. **Principles of protection for the architecture of Modern Movement.** DOCOMOMO 1st International Conference. Eindhoven University of Technology, Netherlands: . 1990. p. 32-42.
- COSTA, L. M. F. R. D. L. **Relatório do Plano Piloto de Brasília.** Edição especial. ed. Rio de Janeiro: Módulo, 1957. 38 - 47 p.
- COSTA, L. M. F. R. D. L. **O Urbanista defende sua cidade.** COSTA, Maria Elisa. Com a palavra Lúcio Costa. Rio de Janeiro, p. 101. 1967.
- COSTA, L. M. F. R. D. L. **Brasília Revisitada 1985/87: Anexo I do Decreto nº 10.829 de 14 de outubro de 1987.** Diário Oficial do Distrito Federal, suplemento, Ano XII, nº 194. Brasília. 1987.
- FERREIRA, M. M.; GOROVITZ, M. **A invenção da superquadra: o conceito de unidade de vizinhança em Brasília.** 1ª. ed. Brasília: Iphan, 2009. 527 p.
- FONSECA, F. O. **Olhares sobre o lago Paranoá.** [S.l.]: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001. 425 p.

GALENDE, A. B. F. **Depreciação e obsolescência em edificações com base na norma de desempenho NBR 15575/2013: Estudo em uma instituição de ensino.** Universidade Federal do Pará - UFPA. Belém, p. 230. 2018.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL. Sobre Brasília: História. **Site do Governo do Distrito Federal.** Disponível em: <<http://www.df.gov.br/historia/>>. Acesso em: 02 Abril 2021.

GUICHEN, G. D. **La conservation preventive: un changement profond de mentalité.** ICOM Cahiers d'études N.1. Bruxelas, p. 4-6. 1995.

IBAPE/SP. **Glossário de terminologia básica aplicável à engenharia de avaliações e perícias do IBAPE/SP.** São Paulo: IBAPE. 2002. p. 8.

ICOMOS. **Carta de Veneza.** International Council on Monuments and Sites. Veneza, Itália. 1946.

ICOMOS. **Carta de Burra.** International Council on Monuments and Sites. Burra, Austrália. 1980.

ICOMOS. **Carta de Burra.** International Council on Monuments and Sites. Burra, Austrália. 1999.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 13823: General principles on the design of structures for durability.** ISO. Genebra, Suíça, p. 39. 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 15686-1: Buildings and constructed assets - Service Life Planning - Part 1: General Principles and framework.** ISO. Genebra, Suíça, p. 21. 2011.

IPHAN. **Superquadra de Brasília: preservando um lugar de viver.** 1ª. ed. Brasília: Iphan, 2015. 102 p. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/cartilha_unidade_vizinhanca%CC%A7a_iphan_df.pdf>. Acesso em: 07 Mai 2021.

JORGE, V. F. **Património e identidade nacional.** Universidade de Évora. Évora, Portugal, p. 8. 2000.

NEN 2767. **Conditie meting van bouw- en installatiedelen – Deel 1: Methodiek (Condition Assessment of Building and Installation Components – Part 1: Methodology).** NEN. Delft. 2006.

NEN 2767. **Conditie meting van bouw- en installatiedelen – Deel 2: Gebrekenlijsten (Condition Assessment of Building and Installation Components – Part 2: List of Faults).** NEN. Delft. 2008.

NEN 2767. **Conditie meting van bouw- en installatiedelen – Deel 3: Conditieaggregatie (Condition Assessment of Building and Installation Components – Part 3: Aggregation of Condition Scores).** NEN. Delft. 2009.

OLIVEIRA, A. L. A. D. **Avaliação das condições de desempenho acústico, lumínico e térmico em edificações de porte monumental: um estudo de caso da Biblioteca Central e do Restaurante Universitário da Universidade de Brasília.** Universidade de Brasília. Brasília, p. 148. 2016.

OLIVEIRA, I. P. D. **Diretrizes para a conservação patrimonial a partir da avaliação de depreciação do ambiente construído.** Universidade de Brasília. Brasília, p. 134. 2019.

OLIVEIRA, J.; PANTOJA, J. D. C.; SANTORO, A. M. D. C. Patologias Generalizadas e Avaliação da Depreciação Física pelo Modelo Ross-Heidecke Modificado em um Condomínio de Edifícios de Múltiplos Andares. **Calibre - Revista Brasileira de Engenharia e Física Aplicada**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 50-61, Julho 2017. ISSN 2526-4192.

PANTOJA, J. D. C. et al. A Influência da Ponderação na Avaliação do Grau de Criticidade em Edificações de Múltiplos Pavimentos Via Inspeção Predial. In: PARANOÁ, R. **Dossiê Especial - Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade**. 1ª. ed. Brasília: Paranoá (UnB), 2020. p. 126-138. ISBN 1679-0944.

PEREIRA, A. J. D. S. **Avaliação Imobiliária e a sua relação com a Depreciação dos Edifícios**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto. 2013.

PIMENTA, J. C. **Propostas de desenvolvimento dos modelos clássicos de valoração da depreciação física na avaliação imobiliária**. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa. 2011.

PINTO, A. F. D. S. **Construção de uma base de dados de apoio à estimativa da vida útil das construções - Vida útil de referência**. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto, Portugal, p. 193. 2011.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: Abordagem Geral. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, p. 14, Outubro 2013.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937**. . 1937.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. 2ª Edição, 1ª edição 1988. ed. São Paulo: ProEditores, 2000.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. 4. ed. Brasília: Ed. UnB, 2001. 226 p.

SANTORO, M. D. C. **Conservation of modernist architecture through the visual analysis of physical decay**. Universidade de Brasília. Brasília, p. 119. 2019.

SCHULTZ, C. A.; BORGERT, A.; SILVA, M. Z. Depreciação e obsolescência: uma abordagem teórico-empírica dos fatores envolvidos no planejamento e na alocação de custos, e na substituição de ativos de alta tecnologia. **Anais do XV Congresso Brasileiro de Custos**, Curitiba, 2008.

SILVA, R. M. D. Considerações sobre métodos de decisão multicrérios. **XI Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA**, São José dos Campos, 2005. 7. Disponível em: <<http://www.bibl.ita.br/xiencita/Artigos/Mec03.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2021.

SIQUEIRA, A. P. D. **Inspeção Predial. Check-up Predial: Guia da Boa Manutenção**. 3ª. ed. São Paulo: Leud, 2012. 336 p.

STRAUB, A. Dutch standard for condition assessment of buildings. **Structural Survey**, 27, n. 1, 2009. 23-35.