

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**MESTRADO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO**

**Camila de Rezende Innocencio**

**Sustentabilidade aplicada ao diagnóstico de manifestações patológicas nas intervenções de conservação e restauro: estudo de caso da Capela de Santa Teresinha.**

Juiz de Fora  
2022

**Camila de Rezende Innocencio**

**Sustentabilidade aplicada ao diagnóstico de manifestações patológicas nas intervenções de conservação e restauro: estudo de caso da Capela de Santa Teresinha.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído. Área de concentração: Ambiente Construído.

Orientador: D. Sc. Maria Teresa Gomes Barbosa

Juiz de Fora

2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Innocencio, Camila de Rezende.

Sustentabilidade aplicada ao diagnóstico de manifestações patológicas nas intervenções de conservação e restauro : estudo de caso da Capela de Santa Teresinha. / Camila de Rezende

Innocencio. -- 2022.

105 p. : il.

Orientadora: Maria Teresa Gomes Barbosa

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, 2022.

1. Capela de Santa Teresinha. 2. Conservação. 3. Patrimônio histórico. 4. Sustentabilidade. 5. Argamassas de cal. I. Barbosa, Maria Teresa Gomes, orient. II. Título.

**Camila de Rezende Innocencio**

**Sustentabilidade aplicada ao diagnóstico de manifestações patológicas nas intervenções de conservação e restauro: estudo de caso da Capela de Santa Teresinha.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído. Área de concentração: Ambiente Construído.

Aprovada em 27 de maio de 2022

BANCA EXAMINADORA

---

D. Sc. Maria Teresa Gomes Barbosa - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

---

D. Sc. Emil de Souza Sánchez Filho

Universidade Federal Fluminense

---

D. Sc. Moacir Kripka

Universidade Passo Fundo

Dedico este trabalho primeiramente à Deus pois somente com Ele e por Ele é que esta trajetória se tornou possível, à minha mãe, meu grande amor, que sempre será a pessoa mais importante de minha vida e desde sempre minha maior incentivadora, companheira e agora, a luz que me guia do céu. Aos meus familiares que me dão apoio em toda minha caminhada e foram sustento nas horas mais difíceis e aos amigos que compartilharam comigo todos os momentos de alegria e incertezas desta jornada. Sem a presença e o amor de vocês esta conquista não seria possível!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por me iluminar, conduzir meus passos e me conceder tantas bênçãos e oportunidades, Dele vem o amor que me sustenta, me dá forças e que me permitiu chegar até aqui em meio a tantas adversidades. À minha mãe Fabiana (*In memoriam*), meu maior amor, meu exemplo, amparo, refúgio, maior incentivadora e admiradora e agora, minha maior saudade. Jamais imaginaria ter que continuar esta jornada sem você comigo, mas novamente é de ti que vem minha força e todas as minhas conquistas foram e serão sempre para você e por você! Te amo eternamente! Ao meu pai Carlos, que me inspirou a seguir esta profissão e que a cada dia motivada pelo seu exemplo, me faz querer ser cada vez mais competente, dedicada e exercer com amor o trabalho que escolhi para a vida. À minha tia Maria Auxiliadora, que com seu amor imenso sempre vibra com minhas alegrias, vitórias e nos momentos de incerteza, com seu carinho sempre está de braços abertos pra me acolher e dar forças pra perseverar. À minha avó Maria das Graças, por todo amor, apoio, cuidado e pelas constantes orações em todos os momentos importantes de minha vida!

À minha orientadora, Maria Teresa pela disponibilidade, atenção, rigor, comprometimento, amizade e compreensão nos momentos difíceis. Obrigada pela confiança no trabalho que desenvolvemos juntas, por todo o conhecimento passado e pela parceria neste processo para muito além da pesquisa. Você me inspira!

À Gilvania e ao Sérgio, pelo empenho, parceria, disponibilidade e confiança em seguirmos juntos nessa jornada árdua, mas certamente vitoriosa em prol da restauração da Capela de Santa Teresinha, e aos padres Pierre e Everaldo membros desta comissão formada, e que nos auxiliam no que é possível.

Aos meus amigos de profissão e de vida Juan, Luísa e Rodrigo que me deram apoio nos momentos que precisei, que compartilharam comigo as alegrias, dúvidas e incertezas vividas sempre prontos a ajudar, ouvir e incentivar!

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de estudos, essencial para realização da pesquisa e de minha formação acadêmica e profissional.

Aos professores do PROAC pelos conhecimentos passados. A Universidade Federal de Juiz de Fora pelo compromisso na formação e difusão do conhecimento e aos seus funcionários. Obrigada a todos, sem vocês isto não seria possível!

“Não há identidade sem memória, aqueles que perdem suas origens perdem também sua identidade.” (BALLART, 1997, p.43).

## RESUMO

A Capela de Santa Teresinha, cuja construção é datada de 1927, tem proteção legal a nível municipal salvaguardando sua importância e o seu caráter insubstituível para o bairro, de nome análogo, onde ela se localiza, bem como para a cidade de Juiz de Fora (MG). É a primeira construção erguida em devoção à Santa na cidade e a segunda no Brasil. Neste contexto, a presente pesquisa aborda a análise de manifestações patológicas na referida edificação, tendo como principal objetivo a elaboração de um diagnóstico completo do seu estado de conservação, que possibilite a criação de diretrizes sustentáveis de intervenção para mitigação dos danos. Como metodologia adotada tem-se a revisão de literatura; o diagnóstico do estado de conservação por meio de inspeção visual, realização de ensaio não destrutivo (termografia); uso de drone, mapeamento de danos, elaboração de matriz GUT (gravidade, urgência e tendência); análise de resultados, formulação e testagem de argamassas de restauro com adições sustentáveis e indicação de medidas corretivas para as manifestações patológicas encontradas. O estudo proposto facilita a monitorização e realização de futuras intervenções, assegurando sua preservação e transmissão de significado para estas e outras gerações.

Palavras-chave: Capela de Santa Teresinha. Conservação. Patrimônio histórico. Sustentabilidade.

## **ABSTRACT**

The Santa Teresinha Chapel, whose building in 1927, is a municipal heritage that it safeguards its irreplaceable character for the similarly neighborhood name in Juiz de Fora city (Minas Gerais state, Brazil). It is the first building in devotion to holy in the city and the second building in devotion for the same holy in Brazil. This search deals with the analysis of pathological manifestations in the referred building. The main objective is the elaboration of a complete diagnosis of its conservation status and sustainable guidelines for conservation and restoration for intervention. The methodology used is literature review; the diagnosis of the state of conservation of the building by visual inspection and non-destructive testing (thermography); drone use; damage mapping; creation of GUT matrix (severity, urgency and tendency); analysis of results and indication of corrective measures for the pathological manifestations found. Finally, the research will be proposed that enables in-depth analysis of the state of conservation of the good, which facilitates the monitoring and implementation of future interventions, its ensuring your maintenance of meaning for news generations.

Keywords: Santa Teresinha Chapel. Conservation. historical heritage. sustainability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Desempenho da edificação ao longo do tempo. ....	38
Figura 2: Ascensão dos custos conforme o tipo de intervenção. ....	40
Figura 3: Foto antiga da capela. ....	42
Figura 4: Implantação da capela. ....	43
Figura 5: Fachada frontal e entorno da capela atualmente. ....	45
Figura 6: Planta esquemática e sentido da inspeção ....	46
Figura 7: Fissuras, microorganismos e perda de camada pictórica na fachada frontal. ....	47
Figura 8: Danos na fachada lateral esquerda. ....	47
Figura 9: Danos na fachada lateral esquerda. ....	48
Figura 10: Danos na fachada posterior. ....	48
Figura 11: Base da coluna. ....	49
Figura 12: Capitel da coluna. ....	49
Figura 13: Exposição e corrosão da armadura da laje. ....	50
Figura 14: Exposição e corrosão da armadura da laje. ....	50
Figura 15: Peças faltantes no piso e presença de vegetação de pequeno porte. ....	51
Figura 16: Perda de camada pictórica e fissura oriunda de movimentação higroscópica. ....	51
Figura 17: Pontos com desprendimento do reboco e do emboço. ....	52
Figura 18: Intervenção inadequada para passagem de tubulação. ....	52
Figura 19: Rachaduras na parede "C". ....	53
Figura 20: Trilha de cupim-de-solo e rachaduras na parede "C". ....	53
Figura 21: Escada e guardacorpo ....	54
Figura 22: Coro, escada, balaustrada e guardacorpo danificados. ....	55
Figura 23: Laminado do coro danificado e com peças faltantes. ....	55
Figura 24: Esquadria de madeira. ....	56
Figura 25: Fendilhamentos e xilófagos. ....	56
Figura 26: Caixilhos de ferro oxidados. ....	57
Figura 27: Fendilhamento na porta principal. ....	57
Figura 28: Compensado no local da bandeira da porta. ....	57
Figura 29: Portas com vidros faltantes. ....	58
Figura 30: Presença de xilófagos nas portas. ....	58
Figura 31: Fissuras no forro de estuque. ....	59
Figura 32: Fissuras no forro de estuque. ....	59

Figura 33: Mancha de umidade e microflora no forro.....	60
Figura 34: Empoçamento devido à infiltração. ....	60
Figura 35: Forro da sacristia degradado. ....	61
Figura 36: Forro da sacristia degradado. ....	61
Figura 37: Piso da nave. ....	62
Figura 38: Piso da sacristia.....	63
Figura 39: Testemunho 1.....	64
Figura 40: Testemunho 2.....	64
Figura 41: Testemunho 3.....	64
Figura 42: Testemunho 4.....	64
Figura 43: Movimentação verificada no testemunho 1. ....	65
Figura 44: Fenda em que o testemunho foi fixado. ....	65
Figura 45: Imagens termográficas obtidas.....	67
Figura 46: Cobertura da capela.....	68
Figura 47: Abaulamento da cumeeira e da água direita. ....	69
Figura 48: Nuvem de pontos fotogramétrica extraídas e geradas pelo VANT. ....	70
Figura 49: Modelo geométrico tridimensional obtido por escaneamento a laser 3D.....	70
Figura 50: Mapa NDVI gerado pelo VANT.....	71
Figura 51: Mapeamento de danos.....	73
Figura 52: Mapeamento de danos.....	81
Figura 53: Realização de ensaio Flow table para análise de trabalhabilidade da argamassa. ..	82
Figura 54: Ensaio de resistência à compressão .....	85
Figura 55: Ensaio de resistência à compressão .....	85
Figura 56: Gráfico de resistência à compressão, considerando 4 corpos de prova por traço...	86
Figura 57: Valores médios de resistência à compressão. ....	87
Figura 58: Gráfico de resistência à tração, considerando 4 corpos de prova por traço .....	88
Figura 59: Valores médios de resistência à tração. ....	89
Figura 60: Gráfico de módulo de elasticidade dinâmico das argamassas .....	90
Figura 61: Determinação de módulo de elasticidade estimado por ultrassom. ....	90
Figura 62: Secagem dos corpos de prova na estufa.....	91
Figura 63: Gráfico de coeficiente de absorção das argamassas testadas.....	92
Figura 64: Coeficiente de absorção e índice de vazios das amostras .....	93
Figura 65: Coeficiente de absorção e índice de vazios das amostras .....	94
Figura 66: Coeficiente de absorção e índice de vazios das amostras .....	94

Figura 67: Microscopia da amostra REF .....	95
Figura 68: Microscopia da amostra REFM.....	95
Figura 69: Microscopia da amostra REFC.....	95
Figura 70: Microscopia da amostra REFMC .....	95
Figura 71: Microscopia da amostra REFB.....	96
Figura 72: Microscopia da amostra REFMB .....	96

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Energia incorporada nos materiais de construção .....	33
Tabela 2: Energia incorporada nos diferentes tipos de argamassa .....	35
Tabela 3: Energia incorporada para os diferentes tipos de alvenaria .....	35
Tabela 4: Padrões brasileiros de emissão de CO2 na construção civil.....	36
Tabela 5: Escala de pontuação GUT. ....	74
Tabela 6: Matriz GUT para análise das manifestações patológicas na capela. ....	75
Tabela 7: Prioridades segundo a pontuação GUT. ....	77
Tabela 8: Trabalhabilidades obtidas .....	82
Tabela 9: Características físicas da Areia Natural (AN). ....	83
Tabela 10: Caracterização da cal hidratada .....	83
Tabela 11: Requisitos mecânicos mínimos para argamassas de revestimento em edifícios antigos.....	85
Tabela 12: Resultados de resistência à compressão das argamassas.....	86
Tabela 13: Valores de resistência à tração obtidos por compressão diametral. ....	88
Tabela 14: Valores de elasticidade dinâmica. ....	89
Tabela 15: Massa dos corpos de prova após serem submetidos ao contato com a água. ....	91
Tabela 16: Coeficiente de absorção por capilaridade das argamassas testadas.....	92
Tabela 17: Absorção por imersão e porosidade das amostras .....	93

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	Building Information Modeling
DIPAC	Divisão de Patrimônio Cultural
END	Ensaio não-destrutivo
GUT	Gravidade, Urgência, Tendência
ICOMOS	International Council of Monuments and Sites
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
SPHAN	Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
VANT	Veículo Aéreo Não-Tripulado

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>15</b>
1.2	JUSTIFICATIVA .....	16
1.3	OBJETIVOS.....	18
1.4	MATERIAIS E MÉTODOS .....	19
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
<b>2</b>	<b>PATRIMONIO HISTÓRICO E SUSTENTABILIDADE.....</b>	<b>21</b>
2.1	TEORIAS DA CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO.....	22
<b>2.1.1</b>	<b>Viollet-Le-Duc e a Teoria do Restauro Estilístico.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.2</b>	<b>John Ruskin e a defesa da conservação.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Camillo Boito e a Teoria do Restauro Científico.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1.4</b>	<b>Alois Riegl e a Teoria do Valores.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.5</b>	<b>Cesare Brandi e a Teoria do Restauro Crítico.....</b>	<b>27</b>
2.2	CARTAS PATRIMONIAIS E INSTRUMENTOS DE SALVAGUARDA NO BRASIL.....	27
2.3	A RELAÇÃO INTRINSECA ENTRE PATRIMONIO CULTURAL E SUSTENTABILIDADE.....	29
<b>2.3.1</b>	<b>“Pegada Ecológica” e desempenho ambiental de edificações históricas.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.2</b>	<b>O papel das manutenções preventivas e corretivas no patrimônio histórico..</b>	<b>37</b>
<b>3</b>	<b>JUIZ DE FORA E A CAPELA DE SANTA TERESINHA.....</b>	<b>40</b>
3.1	A CIDADE DE JUIZ DE FORA.....	40
3.2	O 2º BATALHÃO DA PMMG E A CAPELA DE SANTA TERESINHA.....	41
3.3	ANÁLISE TIPOLOGICA, ARQUITETÔNICA E DESCRIÇÃO DO BEM.....	43
<b>4</b>	<b>DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO.....</b>	<b>45</b>
4.1	INSPEÇÃO VISUAL E MONITORIZAÇÃO DAS FISSURAS.....	45
<b>4.1.1</b>	<b>Fachadas.....</b>	<b>46</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Alpendre.....</b>	<b>49</b>

<b>4.1.3</b>	<b>Paredes internas.....</b>	<b>51</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Escada, balaústre, guarda-corpo e coro.....</b>	<b>54</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Esquadrias.....</b>	<b>55</b>
<b>4.1.6</b>	<b>Forro da nave.....</b>	<b>58</b>
<b>4.1.7</b>	<b>Forro da sacristia.....</b>	<b>60</b>
<b>4.1.8</b>	<b>Parede da sacristia.....</b>	<b>61</b>
<b>4.1.9</b>	<b>Pisos da nave e da sacristia.....</b>	<b>62</b>
<b>4.2</b>	<b>MONITORIZAÇÃO DAS FISSURAS.....</b>	<b>63</b>
<b>4.3</b>	<b>TERMOGRAFIA.....</b>	<b>66</b>
<b>4.4</b>	<b>VEÍCULO AÉREO NÃO-TRIPULADO (VANT).....</b>	<b>67</b>
<b>4.5</b>	<b>MAPEAMENTO DE DANOS.....</b>	<b>71</b>
<b>4.6</b>	<b>MÉTODO GUT PARA DETERMINAÇÃO DAS PRIORIDADES DE INTERVENÇÃO.....</b>	<b>74</b>
<b>5</b>	<b>ARGAMASSAS DE CAL E ADIÇÕES SUSTENTÁVEIS.....</b>	<b>79</b>
<b>5.1</b>	<b>TRAÇOS ADOTADOS E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS.....</b>	<b>80</b>
<b>5.2</b>	<b>RESISTÊNCIA À TRAÇÃO, RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE.....</b>	<b>84</b>
<b>5.3</b>	<b>ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE, ABSORÇÃO POR IMERSÃO E MICROSCOPIA.....</b>	<b>91</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>96</b>
<b>7</b>	<b>IMPACTOS ESPERADOS E SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>98</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>100</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

De acordo com Barranha (2016) e Araújo (2012), entende-se conceitualmente como patrimônio cultural, o conjunto de sinais materiais, artísticos e simbólicos transmitidos pelo passado a cada cultura e a toda a humanidade, sendo parte constituinte da afirmação e do enriquecimento das identidades culturais, enquanto legado pertencente a todos. O patrimônio cultural confere a cada lugar específico suas características reconhecíveis e é o repositório da experiência humana. Pode-se, portanto, considerá-lo como o conjunto dos bens de um povo, portadores de simbolismo, memória e história que foram escolhidos pela sociedade para se tornarem legados às gerações futuras, refletindo as ideias, as crenças, os padrões estéticos, os conhecimentos construtivos e as condições políticas e socioeconômicas de um determinado grupo, conferindo aos membros a noção de identidade e pertencimento.

Como parcela disto, tem-se o “Patrimônio Cultural Edificado”, dito “patrimônio em pedra e cal”, constituído por edifícios cuja construção é significativa para a comunidade, seja por sua arquitetura, seja por valores identitários que marcam a vivência coletiva, seja por métodos construtivos ou por quaisquer outros elementos que indiquem sua relevância no passado e no presente.

Em um recorte ainda mais específico, apresenta-se o patrimônio religioso, possuidor de uma importância simbólica, social e afetiva no contexto onde está inserido, podendo ser entendido como um bem comum, acessível (não propriamente em sua dimensão normativa e física) a todos. Desta forma, dentre as peculiaridades da preservação de uma edificação religiosa está o papel do teísta, que é o principal usuário e possuidor de uma relação sentimental distinta das demais categorias da arquitetura.

Sobre a importância da sociedade na salvaguarda de seu patrimônio cultural, Aurélio e Scalabrini (2004) indicam que preservar é, também, uma atitude política e fator essencial para o desenvolvimento sustentável, pois trata-se de uma forma de resistência à transformação do espaço em mercadoria e à homogeneização das cidades, que as torna cada vez mais parecidas umas com as outras. Neste sentido, a comunidade tem papel de verdadeira responsável pelos seus valores culturais, ao passo que as ações de preservação devem ser pensadas tendo como princípio o interesse da própria e seu usufruto.

Reconhecendo-se a importância arquitetônica, histórica e cultural do bem, é necessário promover medidas que assegurem a manutenção destes valores para as gerações futuras.

Sendo assim, são inseridas neste contexto as intervenções de conservação e restauro, que possuem relação intrínseca com a sustentabilidade. Apesar de uma aparente dicotomia entre os temas, principalmente devido à “sacralização” e a adoção da manutenção da materialidade como critério fundamental, a preservação dos mesmos está diretamente relacionada às três grandes dimensões do desenvolvimento sustentável, a saber: ambiental, econômica e social.

Considerando-se a demanda crescente pela preservação dos bens culturais e aplicação de medidas para o desenvolvimento sustentável, o presente trabalho dedica-se ao estudo da Capela de Santa Teresinha, localizada na cidade de Juiz de Fora (MG), edificação erigida em 1927 e protegida legalmente pelo município no qual é apresentada uma proposta de diretrizes sustentáveis de intervenção considerando os princípios autênticos e básicos do bem; que sejam reversíveis e distinguíveis, mas assegurem a durabilidade e segurança necessária.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

O panorama atual da preservação do patrimônio cultural no município de Juiz de Fora e em grande parte das cidades brasileiras indica uma série de desafios que comprometem a manutenção de edifícios históricos. Diversos são os tópicos que contribuem para que o patrimônio em “pedra e cal”, principalmente se considerarmos a descaracterização temporal e/ou a demolição (se não para o todo, para parte da edificação) e/ ou o abandono que muitas vezes estão associadas a fatores diversos, dentre eles podemos citar: a ineficiência das políticas públicas de proteção atualmente adotadas; a limitação no envolvimento da comunidade em relação aos seus bens materiais e imateriais decorrentes da inexistência ou insuficiência das ações de educação patrimonial e difusão; a falta de recursos para manutenção, e de forma muito incisiva tem-se a especulação imobiliária que forçosamente busca a demolição das remanescências (que em sua grande parte possuem localização e dimensões privilegiadas) para obtenção de lucros com novos empreendimentos no local.

De acordo com Castriota (2009) e Penteadó *et al.* (2013), as políticas preservacionistas tradicionalmente aplicadas acabam por “sacralizar” o patrimônio, incorrendo na análise do mesmo como instância estética isolada, desvinculando-o de políticas urbanas mais abrangentes, contribuindo, portanto, para a criação de uma suposta e inverídica dicotomia entre salvaguarda dos bens culturais e desenvolvimento sustentável.

O próprio tombamento, instrumento de tutela legal dos bens materiais, amplamente aplicado no país no decorrer do século XX e XXI, atua favorecendo mas, também, em muitas situações tornando-se um fator “burocratizante” no processo de preservação, pois impõe

restrições que podem vir a dificultar a manutenção e adaptação às novas demandas. Segundo Choay (2001) a difusão do uso desta ferramenta teve como propulsores a internacionalização do tema, o fortalecimento das instituições no campo da preservação, a criação de leis específicas, além da expansão do conceito de patrimônio neste período por meio da extensão tipológica, cronológica e geográfica.

No entanto, as mudanças na sociedade e na dinâmica das próprias cidades trouxeram à luz a necessidade de atualização destas práticas visando sua efetividade nos dias atuais, com uma visão extensa do que é patrimônio. Logo, tornou-se necessária a superação da abordagem histórico-estilística e da tentativa de replicação das práticas de salvaguarda adotadas em países europeus, fazendo-se indispensável a integração com aspectos ambientais, econômicos e sociais do local onde os bens estão inseridos (CASTRIOTA, 2009).

Outro aspecto que compromete a preservação dos bens edificados é responsabilidade legal pelo imóvel e as contrapartidas, em grande parte insuficientes, oferecidas pelo Estado. A isenção de IPTU concedida aos imóveis tombados, muitas vezes, é insuficiente para subsidiar as ações de manutenção, processo este que pelas restrições impostas e pelos trâmites burocráticos para obtenção da aprovação, elevam os valores das intervenções podendo inviabilizar os serviços para o proprietário, visto que de acordo com Choay (2001, p. 221), “os trabalhos de infra-estrutura exigem uma competência técnica especial e têm um custo às vezes proibitivo”.

Dificuldade ainda maior é percebida em relação aos imóveis cujos donos são entidades públicas ou organizações coletivas civis em que há a alternância de responsabilidade nos cargos ocupados e a necessidade de captação de recursos junto ao governo ou à comunidade para realização de qualquer atividade preventiva ou corretiva, como é o caso dos imóveis do estado ou pertencentes à entidades religiosas. No entanto, sabe-se que a ausência de serviços de manutenção coloca em risco a integridade do edifício, ao passo que propicia o surgimento e agravamento de manifestações patológicas, favorece descaracterizações e cria a necessidade de intervenções mais incisivas para mitigação dos danos e, por consequência, mais onerosas, culminando em situações extremas de abandono e inutilização.

Sendo assim, o presente trabalho se justifica ao passo que diante do cenário apresentado, há necessidade em aprofundar as discussões sobre: a preservação e as metodologias de intervenção no patrimônio no âmbito da conservação e restauro, visando a manutenção da autenticidade frente a seus elementos constituintes; o entendimento dos valores inerentes ao bem que devem ser balizadores das tomadas de decisão objetivando a

recuperação de sua integridade e a imprescindibilidade de analisar e aliar à estas questões patrimoniais a noção de sustentabilidade.

### 1.3. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral a elaboração de diretrizes de intervenção para o restauro de patrimônios católicos edificados aliadas a critérios e parâmetros de sustentabilidade, para tanto o estudo concentra-se na Capela de Santa Teresinha, localizada na cidade de Juiz de Fora (MG). Para alcançar o objetivo geral, apresenta-se como complemento:

- levantar e disponibilizar informações técnicas e históricas a respeito do bem, contribuindo para sua documentação;
- efetuar o diagnóstico do estado de conservação do bem, elencando as manifestações patológicas verificadas e seus prováveis agentes causadores;
- efetuar uma correlação entre restauração e sustentabilidade dos materiais de construção e técnicas construtivas;
- elaborar diretrizes de intervenção no âmbito do restauro, que assegure a integridade da edificação considerando princípios teóricos da conservação e que estejam integrados às três principais dimensões do desenvolvimento sustentável: ambiental, social e econômica;
- propor intervenções pautadas na reversibilidade e distinguibilidade possibilitando a garantia da durabilidade e da segurança necessárias, bem como facilitando a substituição futura por materiais mais adequados e inovadores;
- ampliar as discussões acerca das intervenções de conservação e restauro de bens culturais, considerando a necessidade de profissionais mais qualificados acerca da inserção de técnicas sustentáveis na intervenção de patrimônios, principalmente nas edificações religiosas e que agregam os princípios autênticos e básicos do bem para mitigação das patologias encontradas;
- analisar e testar o comportamento de adições em argamassas de cal para restauro que se enquadrem nos princípios de sustentabilidade,
- consolidar o conhecimento no campo patrimonial no que tange a durabilidade e segurança, assegurando a preservação e transmissão de significado do bem para estas e outras gerações.

#### 1.4. MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme mencionado, o presente trabalho consiste num estudo de caso, Capela de Santa Teresinha, patrimônio religioso edificado em 1927, na cidade de Juiz de Fora (MG) onde busca-se correlacionar as medidas de intervenção para salvaguarda do bem ao preceitos do desenvolvimento sustentável, sendo assim, o trajeto percorrido para o sucesso desta proposta foi subdividido em:

- levantamento histórico da edificação, através de documentos e fotografias existentes no órgão municipal de proteção ao patrimônio (DIPAC) e no acervo do antigo proprietário (2º Batalhão da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais);
- revisão da literatura acerca dos temas: patrimônio histórico e sustentabilidade, bem como sua correlação;
- diagnóstico do estado de conservação da edificação por meio de inspeção visual e realização de ensaios não destrutivos que consistiram em: colocação de “testemunhos” de gesso para determinação da configuração e do comportamento das fissuras e trincas, levantamento termográfico (equipamento da marca “Flir”, modelo “One Pro”) que possibilitou a análise da integridade dos materiais constituintes em presença de umidade/ água, inspeção aérea por drone modelo “Phantom 4” para análise do estado de conservação da cobertura e realização de fotogrametria para modelagem em 3D a fim de possibilitar o entendimento das condições topográficas do terreno, bem como a relação do bem e seu entorno;
- elaboração de mapeamentos de danos para alocação e mensuração das manifestações patológicas verificadas, sendo empregado, também o método GUT (gravidade, urgência e tendência) dos danos encontrados que possibilita estabelecer a ordem de prioridade nas intervenções;
- definição de adições sustentáveis em argamassas de cal para fins de restauro e testagem das amostras em laboratório para determinar seu comportamento mecânico, desempenho e aplicabilidade;
- elaboração de diretrizes de intervenção considerando, inclusive, a caracterização dos materiais empregados (existentes), como por exemplo, a argamassa de revestimento, bem como a definição de materiais de reparo considerando sua relação com a sustentabilidade;

## 1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em 7 capítulos, a saber:

- Capítulo 1 – **Introdução:** apresenta-se uma breve contextualização acerca do tema, a justificativa e pertinência da pesquisa, os objetivos gerais e específicos, a metodologia utilizada para seu desenvolvimento e a estruturação do trabalho.
- Capítulo 2 – **Patrimônio histórico e sustentabilidade:** efetua-se a etapa de revisão de literatura sobre os temas “patrimônio histórico” e “sustentabilidade”.
- Capítulo 3 – **Capela de Santa Teresinha:** apresenta-se a caracterização histórica, arquitetônica e tipológica da edificação objetivo de estudo.
- Capítulo 4 – **Diagnóstico do estado de conservação:** aponta-se todas as manifestações patológicas verificadas na edificação, as ferramentas utilizadas para o diagnóstico (inspeção visual, termografia, fotogrametria), bem como o mapeamento dos danos e a determinação de gravidade, urgência e tendência dos mesmos.
- Capítulo 5 – **Argamassas de cal e adições sustentáveis:** aponta-se a larga utilização de argamassas de cal nas práticas de conservação e realiza-se a análise do comportamento físico e desempenho de adições sustentáveis por meio de ensaios.
- Capítulo 6 – **Considerações finais:** apresenta-se a conclusão do trabalho realizado
- Capítulo 7 – **Impactos esperados e sugestão para pesquisas futuras:** apresenta-se os desdobramentos esperados em decorrência do estudo presente bem como sugestões para pesquisas futuras.
- Por último, têm-se as referências que embasaram a pesquisa.

## 2. PATRIMONIO HISTÓRICO E SUSTENTABILIDADE

O conceito de patrimônio cultural e arquitetônico, inicialmente este era visto como uma “coleção de objetos” identificados e catalogados por peritos na área tendo por critérios fundamentais a idade do bem, a estética e a ideia tradicional de monumentalidade. No entanto, a partir do século XX os critérios estilísticos e históricos foram sendo agregados à outros elementos como: significado, ambiência e entorno, por meio de contribuição determinante da Antropologia que devido à sua perspectiva relativizadora, traz à luz os contributos de seguimentos e grupos sociais que há muito ficaram à margem da cultura e história dominante (CASTRIOTA, 2009).

Entende-se, então, que para pensar ações no campo da preservação do patrimônio é necessário evidenciar todos os suportes de memória e considerar que as cidades são formadas por processos de contínua “agregação de trabalho humano a um suporte natural” e, portanto, as mesmas estão sempre em renovação (SANTOS, 1986). Porém, no que tange a preservação, apresenta-se a seguinte dualidade: de um lado a cidade é vista enquanto organismo vivo, em que cada geração intervém no tecido preexistente que recebe como herança no qual não há que se intervir neste processo de reformulação. De outro, tem-se a responsabilidade do Governo e da sociedade em orientar estas transformações para que as a paisagem urbana se modifique de maneira equilibrada e que tais modificações não ocorram em decorrência da predominância dos interesses políticos e econômicos de determinado nicho ou seguimento da sociedade. (CASTRIOTA, 2009, p. 89).

Neste contexto, Castriota (2009) e a “Carta de Ouro Preto” (1992) entendem que a preservação do patrimônio cultural deve superar a abordagem histórico-estilística e ser trabalhada dentro de uma concepção que integre as questões socioeconômicas, técnicas, estéticas e ambientais, considerando que toda e qualquer intervenção sobre o patrimônio deve ser interpretada como uma ação sobre o presente e uma proposta para o futuro. Sobre esta relação intrínseca entre patrimônio, passado, presente e futuro, Chauí (1992) afirma:

[..] compreender o passado como pressuposto do presente que o presente repõe e repete enquanto o ignorar como seu passado e que ultrapassará quando dessa compreensão nascer a prática de emancipação, que o futuro é o novo como realização das promessas não realizadas no passado nem no presente (CHAUÍ, 1992, p. 46).

Cabe mencionar que “sustentabilidade” e “patrimônio cultural” representam dois termos correlacionados e indissociáveis, uma vez que o patrimônio cultural tangível e intangível não

deve ser visto como um produto de uma localidade ou sociedade específica e, sim, com herança para as gerações estando estritamente ligado aos princípios gerais de crescimento sustentável (BARTHLER-BOUCHIER, 2013; HERITAGE, 2008). Os elos indissolúveis existentes entre história (passado), presente (planejamento, escolhas estratégicas, visão estratégica) e futuro (sustentabilidade da permanência e ressignificação do bem pelas gerações futuras) indicam que o patrimônio cultural pode e deve ser analisado de forma ampla, não apenas como memória petrificada do passado, mas também como recurso ativo futuramente (FRANCO, 2014). Sendo esse o tema de convergência deste capítulo.

## 2.1. TEORIAS DA CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO

### 2.1.1 Viollet-Le-Duc e a Teoria do Restauro Estilístico

Dentro da cronologia das teorias críticas da restauração Viollet-le-Duc foi o precursor na discussão a respeito de princípios teóricos e critérios para realização das intervenções em edificações históricas, com sua “Teoria do Restauro Estilístico”. Sua colaboração, no momento em que a restauração firmava-se enquanto ciência, no período pós-revoluções (“Industrial” e Francesa) e de consolidação do iluminismo, possibilitou a percepção de ruptura entre passado e presente, suscitando um sentimento de proteção dos edifícios e ambientes históricos em território europeu (KUHL, 2000, p.10).

O crítico iniciou seu trabalho como arquiteto na França, na década de 1830, período em que a preocupação com a destinação das edificações medievais, que haviam sido extremamente sacrificadas ao longo do século XVIII e início do XIX, foi fortalecida. Especificamente a arquitetura gótica despertou-lhe profundo fascínio por ser, segundo ele, “dúctil, livre e questionadora” e funcionar como um organismo vivo onde cada parte tem papel fundamental para a vida, ou “sobrevivência” do edifício (VIOLLET-LE-DUC, 1994). Nesse contexto, consolida a concepção de um sistema ideal composto por forma, estrutura e função, constituindo um conjunto lógico, perfeito e fechado em si. Este pensamento racionalista embasa inclusive sua conceituação de restauração, onde especifica que “restaurar um edifício não é mantê-lo, repará-lo ou refazê-lo, é restabelecê-lo em um estado completo que pode não ter existido nunca em um dado momento” (KUHL, 2000, p.16).

Viollet-le-duc enfatiza a necessidade de um estudo exaustivo do bem que será objeto da intervenção, por meio de observação, levantamentos, verificação das causas mais comuns de degradação e os métodos construtivos originais a fim de conhecê-lo por completo,

subsidiando inclusive os levantamentos iconográficos (croquis e desenhos) que deveriam ser realizados e justifica que a restauração só deveria ser realizada quando o edifício apresentasse lacunas, quando uma parte do “sistema ideal” (forma, estrutura e função) estivesse comprometendo o funcionamento das demais, ou em prol da “pureza de estilo”. Além disso, a utilização de novos materiais e sistemas nas intervenções, como o ferro, seria desejada. (KUHL, 2000).

Baseando-se em estudos tipológicos para o suposto “completamento dos sistemas”, Le-duc realizou intervenções extremamente incisivas, utilizando-se amplamente de reconstituições ou “correções” no projeto original em aspectos que se mostrassem “defeituosos” a seu ver. Suas restaurações não tinham como balizadores a materialidade, a configuração original e as transformações da obra ao longo tempo, o que ao longo do século XIX e XX, levou á condenação por parte dos profissionais da área, de sua forma de intervenção durante muito tempo. No entanto seu papel importante enquanto teórico e restaurador voltou a ser considerado a partir da década de 1980, e suas contribuições para à ampliação do conhecimento na área do patrimônio são muitas, como descreve Kuhl (2000):

Entre as questões de grande atualidade podem ser citadas: o fato recomendar que se deva restaurar não apenas a aparência do edifício, mas também a função portante de sua estrutura, procurar seguir a concepção de origem para resolver os problemas estruturais; a importância de ser fazer levantamentos pormenorizados da situação existente; agir somente em função das circunstâncias, pois princípios absolutos podem levar ao absurdo; a importância de reutilização para a sobrevivência da obra, pois restaurar não é apenas uma conservação da matéria, mas de um espírito da qual ela é suporte (KUHL, 2000, p.23).

### **2.1.2. John Ruskin e a defesa da conservação**

Apesar de cronologicamente estarem inseridos no mesmo recorte temporal no continente Europeu e nutrirem grande admiração pelo estilo gótico, Viollet-Le-Duc e John Ruskin apresentavam pensamentos diametralmente opostos em relação à restauração. Enquanto o primeiro seguia princípios estilísticos e racionalistas, como correção de “defeitos” no sistema da edificação, Ruskin reconhece nas “imperfeições” do monumento a expressão da verdadeira arte oriunda do trabalho realizado pelas mãos do homem. Sobre a relação entre as imperfeições e a arquitetura gótica tem-se que:

[...] sistema de produção e execução permitia ao homem, mesmo o mais rude exercer suas potencialidades, fazendo surgir dos fragmentos cheios de imperfeições um conjunto grandioso e inatacável. [...] Neste sentido e para ser mais preciso, nenhum trabalho de boa qualidade pode ser perfeito e a

exigência de perfeição indica sempre ausência de compreensão da verdadeira arte (RUSKIN, 1996, p.5)

John Ruskin estabelece uma estrutura com sete valores chamados “lâmpadas” que iluminam a arquitetura e, portanto, devem ser sempre levados em consideração e interpretados de forma articulada e orgânica, são eles: o sacrifício, a verdade, a potência, a beleza, a vida, a memória e a obediência. Para ele a arquitetura, juntamente com a poesia são os grandes “vencedores” do esquecimento humano, sendo que a primeira se sobrepõe à segunda, pois permite-nos possuir não somente o que foi pensado e sentido pelos homens do passado mas, também, aquilo que foi construído por suas mãos e vivenciado por eles (RUSKIN, 1996).

Seguindo esta lógica, a memória tem papel fundamental e o edifício passa então a ter valor documental, ou seja, sua verdadeira “glória” consiste nas marcas de sua passagem pelo tempo, sua pátina. Inclusive cada ornamento inserido na edificação deve estar ali por um motivo e um significado intelectual anterior, nunca somente por aspecto estético, sendo este conceito estendido também para as arquiteturas modestas. Neste contexto, o restauro é veementemente condenado por John Ruskin sendo considerado por ele a “a mais total destruição que um edifício possa sofrer: uma destruição no fim da qual não resta nem ao menos um resto autêntico a ser recolhido, uma destruição acompanhada da falsa descrição da coisa que destruímos” (RUSKIN, 1996, p.25), ou seja, por ser impossível substituir a matéria perde-se a autenticidade. Em resumo, sua teoria parte do princípio de que a conservação deve ser a base de tutela adotada em todos os edifícios históricos e esta, sendo realizada ao longo dos anos, suprimirá a necessidade de restauração, mesmo que em um dado momento, inevitavelmente esse bem seja perdido pela ação do tempo. (RUSKIN, 1996).

Em sua teoria o observador passa a ter papel fundamental no processo histórico e de percepção do bem, ao passo que apesar de existir uma “interpretação original” de cada detalhe e ornamento no edifício, existirão inúmeras outras interpretações tantos quantos forem os observadores.

### **2.1.3. Camillo Boito e a Teoria do Restauro Científico**

O teórico italiano Camillo Boito, cuja atuação se deu no final do século XIX, tendo como influências os princípios de Viollet-Le-Duc e John Ruskin, propõe uma “Teoria do Restauro Científico” que seria um ponto de vista intermediário em relação à visão apontada por seus precursores. Nela os conservadores são classificados como homens “necessários e beneméritos” e os restauradores como “supérfluos e perigosos”, no entanto, diferentemente de Ruskin ele considera que o restauro pode ser aplicado em situações extremas (BOITO, 2003).

Boito (2003) distingue os conceitos de conservação e restauração, considerando o primeiro como uma obrigação, indispensável para que o bem sobreviva. Nesse sentido a lógica das intervenções nos monumentos deve ser sempre consolidar a reparar, reparar a restaurar e quando em uma situação extrema seja indispensável sua restauração, esta deve ser realizada baseando-se na existência de documentos e registros, nunca em caráter supositivo e respeitando os acréscimos e supressões que fazem parte de sua passagem histórica. Além disso, ele estabelece sete princípios que devem nortear as intervenções:

[...] ênfase no valor documental dos monumentos, que deveriam ser preferencialmente consolidados a reparados e reparados a restaurados; evitar acréscimos e renovações, que, se fossem necessários, deveriam ter caráter diverso do original, mas não poderiam destoar do conjunto; os complementos de partes deterioradas ou faltantes deveriam, mesmo se seguissem a forma primitiva, ser de material diverso ou ter incisa a data de sua restauração ou, ainda, no caso das restaurações arqueológicas, ter formas simplificadas; as obras de consolidação deveriam limitar-se ao estritamente necessário, evitando-se a perda dos elementos característicos ou, mesmo, pitorescos; respeitar as várias fases do monumento, sendo a remoção de elementos somente admitida se tivessem qualidade artística manifestamente inferior à do edifício; registrar as obras, apontando-se a utilidade da fotografia para documentar a fase antes, durante e depois da intervenção, devendo o material ser acompanhado de descrições e justificativas e encaminhadas ao Ministério da Educação; colocar lápide com inscrições para apontar a data e as obras de restauro realizadas (BOITO, 2003, p. 21).

Na conferência “Os Restauradores” em 1884, Boito estabelece diretrizes para o restauro de esculturas, de pinturas e da arquitetura. Para as esculturas, ele considerava importante as técnicas de proteção, principalmente contra intempéries, mas as restaurações neste tipo de elemento não seriam aceitas em nenhuma hipótese devendo-se remover todas as intervenções que tiverem sido feitas anteriormente (BOITO, 2003, p.44)

No que se refere à pintura, a restauração seria aceitável e justificável para reavivar a obra, mas sempre “parando a tempo” e contentando-se com o “menos possível”. Já em relação à restauração arquitetônica, admite que esta seja necessária como forma de preservar a memória, mas somente em último caso e tentando-se ao máximo conservar seu aspecto pitoresco, cuidando-se para não realizar complementos (assumindo assim a posição de arquiteto original) e nem falsificações (BOITO, 2003).

#### **2.1.4. Alois Riegl e a Teoria do Valores**

Alois Riegl em 1903, residente na cidade de Viena, elabora uma reformulação do plano de conservação dos monumentos austríacos denominado “O Culto Moderno dos

Monumentos”, originando sua teoria de atribuição de valores que evidencia a importância do observador na percepção e valorização do patrimônio.

Para ele o monumento tem grande importância, mas o fundamental é a experiência vivida pelo observador ao entrar em contato com o mesmo, ou seja, é necessário compreender os valores que tais objetos têm para as pessoas e que sensação é evocada nelas a partir disso. Desta forma, ele entende que um monumento só pode ser considerado patrimônio se for portador de sentido por parte da comunidade na qual está inserido.

Riegl estabelece então os valores das obras de arte, que em uma concepção antiga era dotado de valor artístico quando atendia às exigências de uma estética objetiva e na concepção moderna, o monumento passa a ter valor artístico quando responde à uma vontade de arte subjetiva do observador. Neste contexto ele determina dois grandes grupos: os valores de rememoração e os de contemporaneidade (RIEGL, 2013).

Como parte dos valores de rememoração tem-se o valor de antiguidade, o histórico e o de rememoração intencional, a saber: o primeiro, da antiguidade, é revelado ao primeiro contato com o objeto, onde percebe-se que determinado monumento não pertence à contemporaneidade e evoca a sensação de tempo transcorrido, surgindo do contraste e podendo ser atribuído por qualquer pessoa; o segundo consiste na percepção de que cada monumento é a representação de um estado único de desenvolvimento da criatividade humana, e no prazer da contemplação com conhecimento (aprofundado ou superficial) de estilos arquitetônicos e de história da arte, podendo por tanto não ser apreendido de forma imediata e, finalmente o valor de rememoração intencional é atribuído pela própria condição de monumento inerente ao objeto, que tem por função lembrar algo (RIEGL, 2013).

Os valores de contemporaneidade por sua vez são divididos em: valor de uso (atribuído quando atende às necessidades cotidianas do homem), artístico (refere-se à capacidade que o monumento antigo possui de sensibilizar o homem moderno, atendendo às suas necessidades do espírito) e de novidade (refere-se à atitude de se atribuir ao novo uma ideia de evolução, ou incontestável superioridade sobre aquilo que é velho) (RIEGL, 2013).

Para Cunha (2006) a grande contribuição da teoria elaborada por Riegl consiste no fato de que ao se apresentarem, por meio dos diferentes tipos de valor atribuídos aos monumentos, muitas formas de percepção e recepção dos monumentos históricos com seus momentos e contextos específicos, percebe-se o quão contrastantes são os meios para sua preservação. Por consequência, em vista destas muitas variantes o sujeito da preservação tem a necessidade de fazer escolhas, que devem ser, necessariamente, pautadas num juízo crítico.

### 2.1.5. Cesare Brandi e a Teoria do Restauro Crítico

De acordo com Brandi (2005), autor da teoria mais aceita a cerca do restauro, o bem é uma obra de arte que possui duas instâncias: a estética e a histórica. Além disso, ele considera que a matéria da obra de arte é composta por um aspecto (revestimento, camada pictórica, por exemplo) e uma estrutura que tem como papel dar suporte ao aspecto. Desta forma, trata-se o restauro como sendo o momento metodológico em que ocorre o reconhecimento da obra de arte tanto em sua consistência física quanto na instância estética e histórica, tendo por objetivo à sua transmissão para o futuro. Além disso, a obra de arte deve sempre condicionadora da restauração e não o inverso.

Há dois axiomas da restauração estabelecidos: o primeiro indica que só pode ocorrer a restauração da matéria da obra de arte, especialmente de sua estrutura. No entanto, a imagem, uma vez perdida, não pode ser mais recuperada, uma vez que é ela que contém a singularidade que torna possível diferenciar a obra de arte de uma manufatura industrial. O segundo define que a restauração deve visar o restabelecimento da unidade potencial da obra de arte, desde que isso não seja um falso artístico ou histórico, sendo necessária a manutenção da autenticidade do bem e sem apagar nenhum sinal de sua pátina, que comprova a passagem da obra de arte no tempo.

Com base nestes axiomas, Brandi (2005) estabelece os três princípios norteadores do restauro: a *distigibilidade* onde o que a integração entre o que foi restaurado e o preexistente deve ser facilmente reconhecível, a *constituição do aspecto da imagem* que conceitua que a matéria é insubstituível se tiver colaboração na percepção da imagem da obra e a *reversibilidade* que afirma que qualquer intervenção de restauro deve ser reversível facilitando alterações futuras.

Suas contribuições são muitas e sua teoria foi utilizada como base para a elaboração de diversos documentos, no campo patrimonial e subsidia práticas de intervenção ainda nos dias atuais. No entanto, uma análise crítica deve ser realizada em relação às suas proposições uma vez que, ao privilegiar a imagem pode-se ocasionar o prejuízo dos saberes-fazer e técnicas construtivas.

## 2.2. CARTAS PATRIMONIAIS E INSTRUMENTOS DE SALVAGUARDA NO BRASIL

As cartas patrimoniais são documentos elaborados por especialistas e organismos internacionais com o objetivo de normatizar e criar diretrizes para a preservação do patrimônio cultural, sendo a base deontológica para os profissionais das diversas áreas

envolvidos no processo, mas possuem papel indicativo e não normativo, sendo necessário promover adaptações para as especificidade e realidade de cada local. É importante ressaltar ainda que elas refletem os postulados teóricos da época em que foram redigidas (KÜHL, 2010, p. 287).

A primeira a ser elaborada foi a “Carta de Atenas”<sup>1</sup> em 1931, fruto do I Congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos em Monumentos Históricos. O evento, organizado pelo International Museums Office, originou este que foi o primeiro documento internacional relacionando as deliberações sobre consenso de especialistas em relação à preservação do patrimônio cultural e a princípios para a restauração (CABRAL, 2015). Seu texto indica o papel fundamental da educação patrimonial, o caráter interdisciplinar das práticas de conservação, a prioridade do direito coletivo em detrimento do direito de propriedade (no que concerne o patrimônio cultural), a responsabilidade dos Estados na realização de inventários do seu patrimônio, e a aplicação de novos materiais e tecnologias para a consolidação dos bens. No entanto, este último ponto deve ser considerado com critério, visando sempre a compatibilidade entre os materiais.

A “Carta de Veneza”, elaborada em 1964 serve como documento-base do ICOMOS até a atualidade para a preservação dos sítios e monumentos e conceitua as intervenções de conservação e restauro. A conservação, portanto, corresponde à manutenção permanente e preventiva, que objetiva manter a utilidade social, permitindo-se realizar adaptações do edifício para usos distintos desde que não sejam alteradas “a disposição ou decoração dos edifícios”. A restauração por sua vez, deve se basear na utilização materiais e técnicas compatíveis com as utilizadas no bem. Além disso, a unidade de estilo não deve ser o objetivo da intervenção, visto que as diferentes épocas referentes à “vida” da edificação devem ser respeitadas. Por último, a carta indica que a inserção de elementos destinados a recompor partes faltantes devem se integrar de forma harmônica, mas distinguível das partes originais, evitando assim falsos artísticos ou falsos históricos (ICOMOS, 1964).

O documento traz ainda uma conceituação mais abrangente para “monumento histórico”, tratando-o como: “criação arquitetônica isolada bem como o sítio urbano ou rural que dá testemunho de uma civilização particular, de uma evolução significativa ou de um acontecimento histórico” (ICOMOS, 1964), podendo ser aplicada também à edificações modestas que adquiriram significância cultural ao longo do tempo. Outros aspectos importantes apontados são: a necessidade de equipes multidisciplinares nas intervenções, a

---

<sup>1</sup>Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Atenas%201931.pdf>; . Acesso em: 05 jun. 2020.

imprescindibilidade da documentação nas operações de conservação, restauro ou escavação abrangendo o estado anterior do bem, o processo de trabalho e o produto final, a anastilose nas escavações e a manutenção da integridade dos sítios históricos.

Subsidiada pela “Carta de Veneza”, a “Carta de Burra”<sup>2</sup> elaborada em 1979 pelo ICOMOS, traz diretrizes acerca da importância dos sítios históricos para constituição dos valores identitários das comunidades em que estão inseridos. No documento são feitas ainda definições para os conceitos de “significado cultural”, “bem”, “substância”, “conservação”, “manutenção”, “preservação”, restauração, “adaptação”, “compatibilidade de uso” e “reconstrução”.

Destaca-se ainda a “Carta de Appleton”<sup>3</sup> que teve por base os princípios estabelecidos pelas Cartas de “Veneza” e de “Burra”, e que considera a gestão saudável do patrimônio edificado uma atividade culturalmente importante e a conservação como fator primordial na gestão de quaisquer bem cultural (BARACHO, 2013, p.27). Muitas outras cartas foram elaboradas ao longo do século XX e XXI, ampliando as discussões e consolidando cada vez mais o conhecimento no campo da proteção patrimonial.

No Brasil, para tutela do patrimônio material estão previstos instrumentos legais na Constituição Federal de 1988 cuja aplicação e gerenciamento devem ser feitos pelo poder público em instâncias municipal, estadual ou federal. São eles: o tombamento, a desapropriação, a vigilância, o inventário e outras formas de acautelamento e preservação (como por exemplo: investimentos públicos, isenções fiscais e o zoneamento urbano). Porém, dissemelhantemente ao tombamento que foi instituído através do decreto-lei 25/1937 (mesmo ano em que foi criado o SPHAN, sendo esta uma das razões para sua maior aplicação em território nacional) e tem respaldo jurídico para medidas protetivas e punitivas, o inventário não tem regulamentação, sendo imputada aos municípios a complementação da lei federal. Em Juiz de Fora, a complementação se dá por meio das leis N° 10.777 – de 15 de julho de 2004 e N° 11.000 - de 06 de outubro de 2005 que versam sobre a salvaguarda do patrimônio cultural do município. (INNOCENCIO; JACQUES, 2018, p.187).

### 2.3. A RELAÇÃO INTRINSECA ENTRE PATRIMONIO CULTURAL E SUSTENTABILIDADE

---

<sup>2</sup> Disponível em: [http://www.icomos.org/charters/burra1999\\_spa.pdf](http://www.icomos.org/charters/burra1999_spa.pdf). Acesso em: 05 jun. 2020.

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.icomos.org/charters/appleton.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2020.

Sustentabilidade pode ser entendida, num sentido amplo e resumido, ao desenvolvimento geral que busca um resultado positivo para o ser humano e, nessa percepção, enquanto conceitos entrelaçados (patrimônio cultural e sustentabilidade) indicam que a atividade humana pode ser entendida como a soma do legado do passado e do potencial para o futuro.

Considerando-se a necessidade da inserção do patrimônio edificado no conceito de desenvolvimento sustentável, Barbosa *et. al* (2018) e María e Salvadó (2017) destacam que seu comportamento junto ao tripé fundamental da sustentabilidade funciona da seguinte forma:

- **Aspecto ambiental** – a preservação atua enquanto ferramenta de redução dos impactos oriundos de novas construções sendo, portanto, necessário aprimorar os processos de manutenção e conservação como meios de prolongar efetivamente a vida útil e garantir a integridade do bem. Conservar o tecido urbano existente para reutilizá-lo implica em uma economia significativa não apenas para edifícios, mas também para toda a cidade e região. Não demolir uma construção evita consumir grande quantidade de energia necessária para criar um volume semelhante de espaço para novas construções. Estima-se que 50% da energia incorporada no edifício - corresponda à fabricação de materiais e componentes arquitetônicos básicos. Sendo assim, a conservação não apenas evita o desperdício do material que constituía a estrutura demolida, mas também economiza novos materiais e recursos.
- **Aspecto econômico** – É importante a aplicação de um programa de manutenção preventiva, que seja economicamente mais vantajoso quando comparado às operações da manutenção corretiva. E nos casos em que as intervenções de reabilitação e restauro necessitem de ser realizadas, empregar técnicas e materiais viáveis economicamente, principalmente no que tange à manutenção, durabilidade e custo.
- **Aspecto social** – entende-se que a preservação do patrimônio histórico-cultural de uma determinada sociedade contribui diretamente para seu desenvolvimento, bem-estar, qualidade de vida, e manutenção dos valores de identidade e de memória coletiva. Isto ocorre, pois este é dotado de significado e a constituição de identidades, subjetividades, diferenças e antagonismos, seguem paradigmas fenomenológicos, interpretativos e construtivistas.

Para Zanirato (2016) a sustentabilidade está presente na conservação do patrimônio cultural quando as intervenções contemplam o entendimento de que o mesmo é uma criação

social; quando consideram que os elementos históricos que estão em risco de desaparecimento podem e devem ser conservados por inúmeras razões, como por exemplo, a sua simples existência; na participação social no processo de seleção e gestão do bem protegido; no reconhecimento das inúmeras possibilidades de percepção e apropriação de um objeto ou de um lugar patrimonializado; e na sua desvinculação da condição de mercadoria.

Um dos principais desafios de integrar o conceito de sustentabilidade às técnicas de preservação do patrimônio consiste justamente na “sacralização” do bem enquanto monumento. Mas apesar da dicotomia e das constantes discussões sobre manter a materialidade e autenticidade de um bem, aplicando técnicas e materiais similares aos empregados originalmente, e realizar intervenções com materiais e técnicas mais seguras, eficientes e sustentáveis para a sua preservação, pode-se entender que é possível realizar a integração destes aspectos (PENTEADO; FABRIANI; FRANCO, 2013; PASCOALIN; BARBOSA, 2013).

Neste contexto, o entendimento de que a degradação dos materiais é um processo inevitável e inerente a todo tipo de edificação, principalmente nas mais antigas, é necessário. Porém, a definição do limite aceitável da degradação é tarefa constante e fundamental nos bens que recebem intervenções de conservação e restauro. É preciso quantificar a relação entre a deterioração irreversível dos materiais e suas respectivas funcionalidades, com os benefícios obtidos por meio de novas intervenções, considerando a sustentabilidade social inerente ao bem (BULLEN, 2007).

Sendo assim, entende-se que nas intervenções de conservação e restauro a materialidade não deve ser o único elemento balizador da autenticidade e limitador da obra, sendo necessário considerar questões como a cultura, o contexto, materiais e técnicas compatíveis com as demandas verificadas na edificação e sempre que possível aliá-las à soluções sustentáveis. Faz-se necessária a ampliação das discussões acerca deste tema e pesquisas sobre metodologias de diagnóstico e materiais alternativos nestes tipos de intervenção. Com isso, o presente trabalho busca avançar de forma prática e teórica nos estudos sobre preservação dos bens culturais religiosos, considerando os conceitos aqui citados.

### **2.3.1. “Pegada Ecológica” e desempenho ambiental de edificações históricas**

De acordo com Lisboa e Barros (2010) a “Pegada Ecológica” ou “Ecological Footprint” é uma ferramenta cujo objetivo é avaliar a demanda, ou espaço ecológico necessário para subsidiar um determinado sistema ou unidade. Para tanto, é realizada a contabilização dos

fluxos de matéria e energia que circulam no sistema econômico, fazendo a correspondência em área de terra ou água existentes na natureza para comportar essa atividade, sendo um importante indicador para as práticas do desenvolvimento sustentável. Sua metodologia possibilita por meio do contraste do consumo dos recursos pelas atividades humanas e a capacidade de suporta da natureza, avaliar se os impactos no meio ambiente são sustentáveis a longo prazo. Para tanto, o método possui cinco categorias de análise: alimentação, habitação, transporte, bens de consumo e serviços.

No que concerne a construção civil, sabe-se que este é um setor com forte impacto no aumento da pegada ecológica, principalmente por conta da quantidade de carbono incorporada na produção e transporte dos materiais e pelo seu alto índice de geração de resíduos. Sendo assim, o impacto dos materiais de construção difere baseado em sua função em cada fase de seu processo produtivo e seu ciclo de vida. Desta forma, materiais ditos “verdes” com baixo impacto sobre o ambiente podem diminuir a quantidade de energia incorporada, os níveis de emissão de CO<sub>2</sub> e a geração de resíduos, reduzindo os encargos ambientais e impactando positivamente também as dimensões sociais e econômicas da sustentabilidade (KHOSHNAVA et al., 2018).

Como forma de mitigar tais impactos, o conceito de “edifícios verdes” constitui um dos mais importantes elementos no requisito de construção sustentável. Sendo assim, é importante obter um entendimento completo sobre o que é uma construção verde (*green building*), especialmente para fomentar e fortalecer políticas ambientais e de energia para atender às demandas atuais. Isso traz como reflexo direto a necessidade de políticas mais eficazes a serem implementadas para reduzir ineficiências de recursos na indústria da construção (LIU; LIN, 2016).

Neste contexto, observa-se aspectos positivos das intervenções de conservação e restauro do patrimônio histórico na diminuição da pegada ecológica e no potencial de adequação das edificações antigas no conceito de edifícios verdes. Este papel sustentável do patrimônio histórico é elucidado por Elefante (2005) quando este diz que o edifício “mais verde” é aquele que já foi construído. Isto porque sua proteção e a adequação à critérios de sustentabilidade poderiam contribuir para a mitigação de impactos no meio ambiente, algo que pode ser conseguido com intervenções (consonantes aos princípios teóricos da conservação e restauro) para torná-lo mais eficiente em termos de demanda energética, e considerando-se as emissões evitadas que ele representa (referentes à demolição e construção), ao passo que já foi construído.

Além disso, originalmente nas edificações históricas tem-se o emprego de materiais locais tais como: terra, argamassa à base de cal, pedras e madeiras, junco e palha que possuem quantidade de energia incorporada menor do que materiais modernos como vidro, aço ou alumínio (BERG; FUGLSETH, 2018; BARACHO, 2013).

Hammond e Jones (2008) conceituam energia incorporada como sendo aquela consumida durante a vida útil do edifício. No entanto, segundo Jaladi e Torgal (2010), podem ser consideradas abordagens distintas sobre este conceito conforme o período escolhido para análise. Sendo assim, pode-se tomar como base: o início da extração das matérias-primas até à porta da fábrica (chamado de *cradle to gate*); o início dos insumos até à obra (*cradle to site*), ou do início da extração até à fase de demolição e deposição (*cradle to grave*).

Berge (2009), por exemplo, considera como energia incorporada somente a que é demandada para extrair a matéria prima e transportá-la até a porta da fábrica e a energia de transporte e aplicação seriam inclusas na etapa de construção. Para ele, a energia incorporada em um determinado material corresponde de 85 à 95% da energia total enquanto que o restante representa a energia demandada nos processos de construção, manutenção e demolição da edificação.

Adotando-se a análise na fase do “berço à obra”, a energia incorporada dos materiais construtivos abarca a energia consumida nos processos de extração dos insumos bem como nas etapas de produção, transporte e aplicação dos materiais na obra. Por último, na abordagem referente ao início da extração até à fase de demolição e deposição, a energia incorporada é considerada desde a etapa de produção até o final do ciclo de vida do material (JALADI; TORRAL, 2010).

Considerando a abordagem “cradle to gate”, nas tabelas 1, 2 e 3 têm-se respectivamente, os valores de energia incorporada presentes em diversos materiais de construção, bem como nos diferentes tipos de argamassa e alvenaria.

Tabela 1: Energia incorporada nos materiais de construção

Material	MJ/Kg	MJ/m <sup>3</sup>
Agregados em geral	0,1	150
Agregados de rio	0,02	36
Alumínio extrudido	201	542.700

Alumínio extrudido anodizado	227	612.900
Alumínio reciclado	8,1	21.870
Alumínio reciclado extrudido	17,3	46.710
Alumínio reciclado anodizado	42,9	115.830
Asfalto	3,4	7.140
Betume	44,1	45.420
Cimento	7,8	15.210
Argamassa de cimento	2,0	3.200
Betão ronto (fc=17,5 MPa)	1,0	2.350
Betão pronto (fc=30 MPa)	1,3	3.180
Betão pronto (fc=40 MPa)	1,6	3.890
Bloco de betão	0,94	-
Tijolo cerâmico	2,5	5.170
Telha cerâmica	0,81	-
Blocos de adobe estabilizados com cimento	0,42	-
Bloco de terra comprimida	0,42	-
Taipa estabilizada com cimento	0,8	-
Vidro	15,9	40.060
Vidro laminado	16,3	41.080
Estuque	4,5	6.460
Painel de gesso	6,1	5890
Aço	32	251.200
Aço reciclado	10,1	37.210
Pedra local	0,79	1.890
Pedra importada	6,8	1.890

Zinco	51	364.140
MDF	11,9	8330
Madeira em bruto seca ao ar	0,3	165
Madeira em bruto seca em estufa	1,6	880
Madeira polida seca ao ar	1,16	638
Madeira polida seca em estufa	2,5	1380
Contraplacado	10,4	-
Poliéster	53,7	7710
Poliuretano	74	44.400
PVC	70	93.620

Fonte: Wellington (2005).

Tabela 2: Energia incorporada nos diferentes tipos de argamassa

Tipo de argamassa	Cimento	Solo	Areia	Energia por m <sup>3</sup> (MJ)
Cimento	1	0	6	1268
Cimento+pozolana	80%	0	6	918
Solo-cimento	1	2	6	849
Cal-pozolana (1:2)	-	0	3	732

Fonte: Reddy e Jagadish (2003).

Tabela 3: Energia incorporada para os diferentes tipos de alvenaria

Tipo de alvenaria	Energia por m <sup>3</sup> (MJ)	Porcentagem de energia relativamente à alvenaria de tijolo
Com tijolos cerâmicos	2141	100
Com blocos de concreto	819	38,3
Com blocos de solo-cimento	646	30,2

Blocos auto-clavados	1396	65,2
----------------------	------	------

Fonte: Reddy & Jagadish (2003).

Na Tabela 4 pode-se verificar os padrões de emissão de CO<sub>2</sub> pela construção civil no Brasil e conseqüentemente perceber o quanto deixa-se de ser emitido com a restauração:

Tabela 4: Padrões brasileiros de emissão de CO<sub>2</sub> na construção civil

Material	Unidade	CO <sub>2</sub> por material
Cimento (Saco)	50 kg	48,44
Cal (Saco)	20 kg	15,71
Aço/Ferro	kg	1,45
Tijolo/Telha	Unitário	0,95
Areia/Brita	m <sup>3</sup>	22,62

Fonte: Lima; Fernandes; Dantas (2018).

No entanto, é preciso entender que um edifício antigo foi projetado para atender as condições fundamentalmente diferentes das atuais, onde o clima e a maior limitação de recursos e materiais de construção possuem impacto relevante ao resultado final, diferentemente do que ocorre na atualidade. Por outro lado, estes edifícios podem ser consideravelmente vulneráveis a cargas elevadas de vento, sobrecarga do sistema de águas pluviais, além de fissuras e trincas nas fundações em decorrência da variação de umidade no solo e sua conseqüente expansão (BERG; FUGLSETH, 2018; BARACHO, 2013).

É sabido que os materiais empregados na construção durante sua vida útil estão sujeitos a inúmeros processos de deterioração oriundos de fatores naturais e antropogênicos que ocasionam uma perda progressiva de propriedade útil prejudicando seu desempenho e por este motivo, as intervenções de conservação e restauro devem ser criteriosas e aplicadas em conjunto com parâmetros sustentáveis visando garantir sua compatibilidade física e mecânica, efetividade, durabilidade e economia de energia (MORILLAS et. al, 2018).

Quanto ao ciclo de vida e a necessidade de resultados a curto e médio prazo na minimização da pegada ecológica, Berg e Fulglseth (2018) relatam pesquisas que indicam que as intervenções criteriosas em um edifício histórico contribuem para a mitigação das mudanças climáticas durante um período de análise de 60 anos. Em contraponto, uma nova

edificação que atende aos “parâmetros verdes” necessita de mais de 50 anos para que as emissões iniciais geradas em sua construção sejam superadas pelos efeitos do menor consumo de energia em uso.

Apesar do caráter sustentável inerente à preservação, há uma dificuldade por parte dos profissionais das duas áreas (patrimônio e sustentabilidade) em atuar de maneira complementar, pois muitas das vezes há uma priorização dos aspectos referentes ao desempenho ambiental em detrimento dos valores históricos e especificidades construtivas das edificações antigas, mas esta é uma barreira que deve ser superada. Sobre isso, pode-se dizer que:

Infelizmente, para muitos preservacionistas, os profissionais de edifícios verdes falam a linguagem quantitativa, de dados tangíveis, enquanto a preservação de edifícios históricos geralmente é apoiada com discussões qualitativas sobre conceitos teóricos (BARACHO, 2013, p.80)

Sendo assim, a restauração ou obra de conservação ideal é aquela que busca uma recuperação respeitosa do patrimônio cultural, mas que contempla também ações para redução da pegada ecológica. Além disso, a adequação das políticas de reforma dos edifícios históricos ao processo de transição para uma sociedade de baixas emissões deve ser pensada e adotada com cautela para que não ocorra a perda dos valores que constituem a significância do referido bem. Isto se deve ao fato de que para atender a requisitos rigorosos de desempenho ambiental e energético os edifícios antigos precisam passar por adaptações, e num contexto em que a importância do patrimônio cultural é prejudicada em favor dos benefícios ambientais relacionados aos novos edifícios, pode-se ocasionar um conflito em relação à manutenção das construções históricas (ALMÁS *et. al*, 2011; KOHLER; HASSLER, 2012; NORRSTRÖM, 2013).

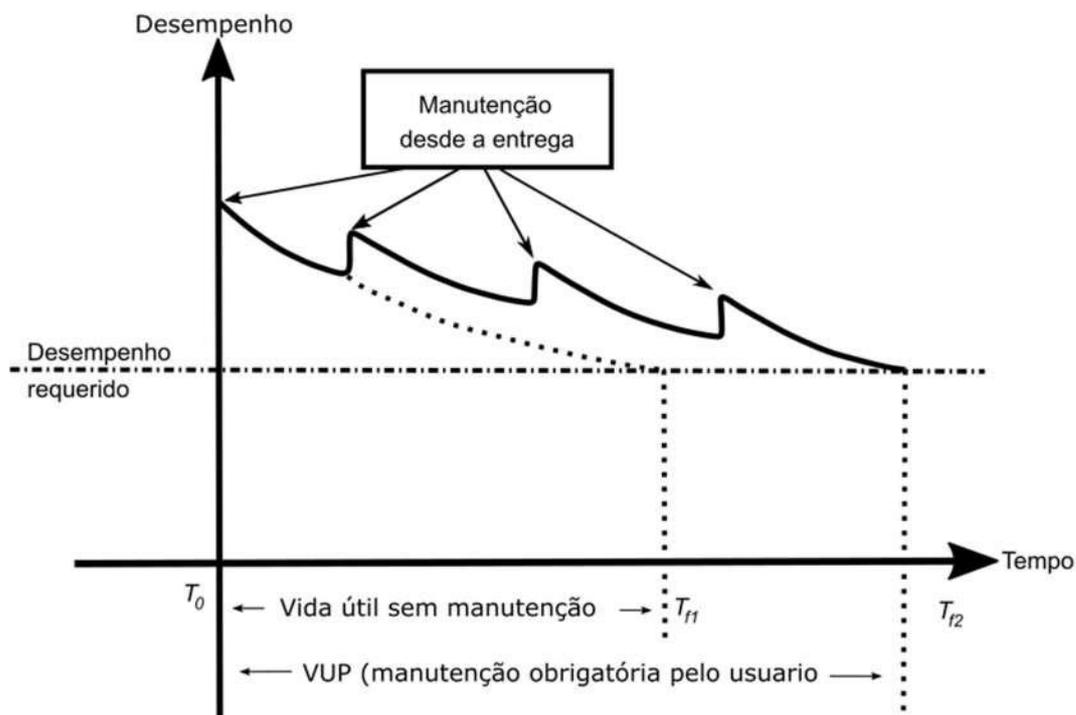
### **2.3.2. O papel das manutenções preventivas e corretivas no patrimônio histórico**

Considerando-se sua necessidade e o caráter sustentável intrínseco à preservação do patrimônio cultural, Larsen e Marstein (2000) consideram como aspecto fundamental das práticas de conservação a adoção de uma manutenção regular ao invés da substituição periódica. Sobre isto, Capmas (2014), Rougeau e Guiraud (2014) completam que a preservação da qualidade ambiental para o restauro é um elemento de destaque nas estratégias de desenvolvimento sustentável e desta forma, ações referentes à ampliação da durabilidade da edificação são pontos-chaves da sustentabilidade. Além disso, durante sua vida útil devem ser atendidas plenamente as demandas dos usuários e ainda conservar-se a aparência estética.

Porém, as edificações estão sujeitas à processos de deterioração que degradam seus componentes e comprometem sua durabilidade e desempenho. De acordo com Souza e Ripper (1998) a degradação pode ser oriunda de envelhecimento natural, acidentes ou intervenções inadequadas realizadas por profissionais que utilizam materiais de baixa qualidade ou fora das especificações técnicas priorizando a diminuição dos custos. A velocidade com que este processo ocorre varia de acordo com as propriedades físicas, químicas e mecânicas dos materiais constituintes, com o tipo de proteção à que estão submetidos e, também, aos serviços de manutenção (ICOMOS, 2006).

De acordo com a NBR 15575-1/2013 (norma de desempenho das edificações), entende-se manutenção como sendo “o conjunto de atividades que devem ser realizadas ao longo da vida total da edificação para conservar ou recuperar a sua capacidade funcional e de seus sistemas constituintes para atender às necessidades e segurança dos seus usuários”. Seu papel no aumento da durabilidade do edifício pode ser verificado na Figura 1:

Figura 1: Desempenho da edificação ao longo do tempo.



Fonte: NBR 15575 (2013)

No caso das edificações antigas e prédios históricos, as práticas de manutenção têm papel fundamental no prolongamento da vida útil do edifício, pois na maioria das vezes, devido ao período em que foram construídos não se tem acesso à dados que contenham esta

informação. Sendo assim, é imprescindível que os responsáveis pela administração do bem contem com uma equipe multidisciplinar de especialistas para elaborarem um plano de manutenção periódica que seja entregue também aos usuários.

Os serviços de manutenção podem ser divididos, resumidamente, em: preventivas e corretivas. A primeira, segundo Torres (2009) é aquela caracterizada “pela execução de operações de manutenção antes do aparecimento de anomalias, ou seja, antes de haver qualquer manifestação pré-patológica”. Pode-se, portanto, por meio de inspeções periódicas prolongar a vida útil da edificação e diminuir consideravelmente os níveis de degradação de seus componentes. No entanto, para seu planejamento e execução deve-se observar e considerar: as manifestações patológicas mais expressivas e suas possíveis causas; análise da vida útil de cada elemento a ser contemplado com a intervenção; verificação e caracterização dos mecanismos degradadores; análise comparativa com outras edificações; e por fim os custos envolvidos na operação (NOGUEIRA, 2013).

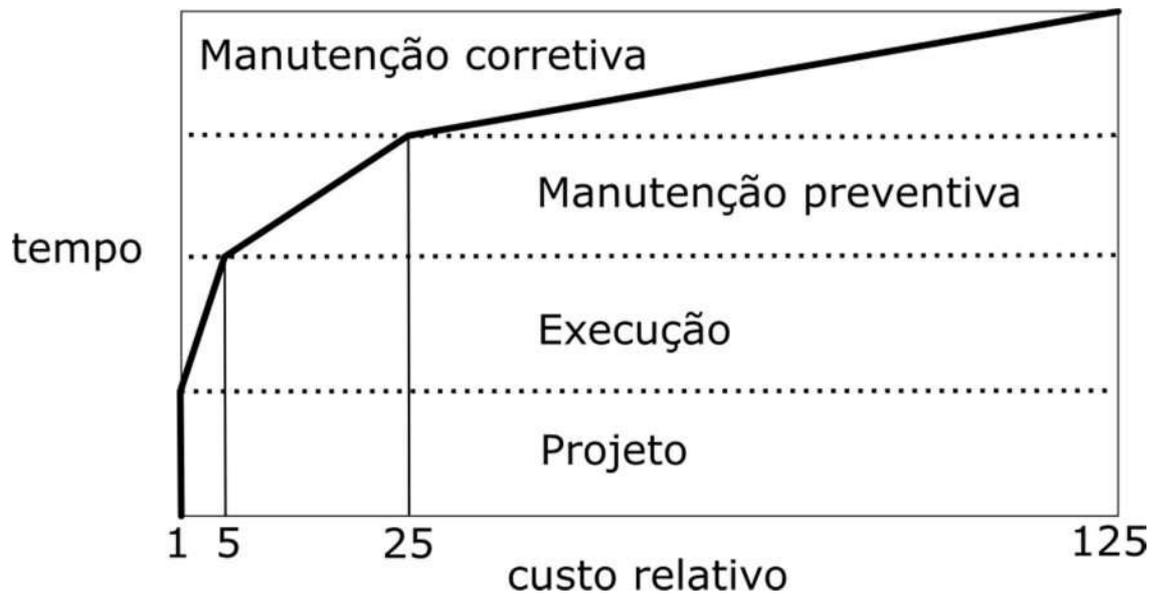
Segundo Leite (2009), Souza e Ripper (1998) a manutenção corretiva é aquela que é realizada esporadicamente, e ocorre devido à necessidade de correção ou reforço de algum elemento da edificação, mas que não é parte de um plano de ações preestabelecido. Com isto, apesar de ser a intervenção mais comum e aparentemente favorável à preservação do edifício, também pode ser considerado o tipo de manutenção mais primária se comparada às demais práticas. Além disso, a estratégia de correção das manifestações patológicas somente quando estas se tornam perceptíveis, causa prejuízos no desempenho da edificação, na qualidade de vida dos usuários, no estado geral de conservação e no aumento dos custos a longo prazo. Enquanto dificuldades e aspectos desfavoráveis para sua realização Lopes (2005) menciona:

- em decorrência da não previsão de determinadas circunstâncias estas agravam-se em situações de urgência;
- a falta de processos de comunicação ou reclamação dos problemas percebidos na edificação por parte dos usuários levam a intervenções tardias e consequente degradação progressiva da construção;
- intervenções inadequadas, com técnicas e materiais incompatíveis com as preexistências ocasionam o surgimento de novos danos e reaparecimento de anomalias.

Conclui-se, portanto que a manutenção preditiva é a estratégia mais adequada e eficiente, principalmente quando se trata de edifícios históricos, ao passo que inibe o início dos processos de degradação dos materiais e componentes do edifício, evitando que o bem entre em estado crítico de conservação (o que o levaria consequentemente à ruinação);

obedece aos princípios teóricos da mínima intervenção e mostra-se economicamente muito mais interessante se comparada à manutenção corretiva. Sendo assim, é comprovadamente melhor em vários aspectos promover ações de conservação ao longo do tempo, do que deixar a situação chegar a níveis extremos (como o que será apresentado ao longo do presente trabalho) em que a restauração, que é uma prática mais incisiva e onerosa, será a única alternativa a ser adotada. Esta relação pode ser observada na Figura 2:

Figura 2: Ascensão dos custos conforme o tipo de intervenção.



Fonte: EVANGELISTA (2009).

### 3. JUIZ DE FORA E A CAPELA DE SANTA TERESINHA

#### 3.1. A CIDADE DE JUIZ DE FORA

O município de Juiz de Fora está situado no estado brasileiro de Minas Gerais. Seu desenvolvimento se deu às margens do “Caminho Novo”, planejado em 1698 e finalizado em 1725, a pedido da Coroa Portuguesa para escoar o ouro extraído na localidade e levá-lo de forma mais segura e rápida a então capital do país, Rio de Janeiro. A fim de incentivar a ocupação da região nos arredores do Caminho Novo, o Rei de Portugal iniciou a política de doação de sesmarias para fins agrícolas e de povoamento. Foram doadas diversas sesmarias na região que hoje compreende o município, dentre elas a que foi concedida ao Alcaide-Mor Tomé Corrêa Vasquez em 1708, originando a Fazenda da Tapera. A construção pioneira na

localidade foi adquirida em 1713 pelo juiz Luis Fortes Bustamante Sá, pertencente à comarca do Rio de Janeiro e que, portanto, residia fora da localidade, originou o nome que o município recebera (Juiz de Fora) em 1865, nove anos após ter sido elevada à categoria de cidade (ESTEVEVES, 1915).

O município se desenvolveu intensamente ao longo dos séculos XVIII e XIX com sua economia apoiada prioritariamente na cafeicultura, e contou com investimentos dos fazendeiros no progresso da cidade. Destacando-se à época a instalação de estradas de ferro, fábricas e da primeira Usina hidroelétrica da América Latina, a Usina de Marmelos, em 1889 (FAZOLATTO, 2007). O intenso desenvolvimento e pioneirismo industrial de Juiz de Fora no fim do século XIX, rendeu à cidade a alcunha de “Manchester Mineira”, associando-a à cidade inglesa tida como referência em industrialização.

### 3.2 O 2º BATALHÃO DA PMMG E A CAPELA DE SANTA TERESINHA

Após a Proclamação da República no Brasil em 1889, a província de Minas Gerais promoveu a reorganização do Corpo Policial da Província, que havia sido desdobrado no ano de 1890, em quatro unidades distintas. Primeiramente fora criado somente o 1º Corpo, com sede em Ouro Preto, posteriormente instalou-se o 2º Corpo na cidade de Uberaba, sendo este responsável pelo policiamento de toda região do Triângulo Mineiro. Em 1903, o mesmo foi transferido para Belo Horizonte sob a denominação de 2º Batalhão do Estado de Minas Gerais, até que em 1911, após conseguir sede própria e definitiva, este foi instalado na cidade de Juiz de Fora, no antigo bairro da Tapera (atual Santa Teresinha) (JUIZ DE FORA, 1997, p.176).

Sob o comando do Tenente Coronel João Franco de Couto, devoto de Santa Teresinha, iniciou-se em 29 de julho de 1926, a construção da capela em devoção à mesma, tida como “Santa dos Tempos Modernos”, cuja canonização ocorreu no ano anterior. Tal característica a diferenciou das demais edificações religiosas militares que por tradição tinham como protetores São Jorge ou Santo Expedito. O objetivo inicial era atender às demandas religiosas dos militares e de seus familiares, no entanto esta acolheu também a comunidade que participava das celebrações dominicais presididas pelo capelão da polícia militar. A referida construção figura como a segunda instituição religiosa no Brasil, erigida em honra à Santa, estando a primeira, situada na cidade de Taubaté, no estado de São Paulo, vide figura 3 (JUIZ DE FORA, 1997, p.176).

Figura 3: Foto antiga da capela.



Fonte: Acervo do 2º Batalhão da PMMG (data não informada).

Inaugurada em 2 de outubro de 1927, a Capela de Santa Teresinha (Figura 4) foi erigida próximo à Praça do Cruzeiro dos Militares, sua implantação segue a tradição herdada dos portugueses quanto à locação dos templos católicos, uma vez que a edificação era visível à grandes distâncias e em topografia que exaltasse sua “proximidade” com o céu. Sua construção foi de grande importância para a comunidade local, tornando-se símbolo e marco da paisagem da área à época, ocasionando inclusive a modificação do nome do bairro que inicialmente era denominado “Tapera”, para “Santa Teresinha” (JUIZ DE FORA, 1997).

Figura 4: Implantação da capela.



Fonte: Juiz de Fora (1997).

### 3.3. ANÁLISE TIPOLOGICA, ARQUITETÔNICA E DESCRIÇÃO DO BEM

A edificação possui estilo neocolonial e é composta por dois volumes: um referente à torre e o outro que corresponde à nave e à capela-mor. De feições simples, suas fachadas apresentam como ornamentação arcaturas ogivais sob o beiral, assemelhando-se a mísulas e janelas em vidro com marcos em arco pleno e bandeiras fixas com forma de rosácea. O acesso ao interior da capela se dá por meio do volume da torre com vitrais circulares coloridos, e cobertura metálica, composição esta que possui alpendre formado por pórticos com colunas esculpidas em alvenaria, e telhado de amianto, sustentado por esteios, mão-francesas e pontaletes, intervenções feitas posteriormente à sua construção e que interferem na leitura da mesma.

O interior da capela é de grande relevância, com o coro situado na parte superior próximo à entrada da nave, seguindo a tradição colonial; com paredes que possuem pinturas parietais, feitas por artistas importantes na cidade, bem como forro curvo em estuque que

também possui pinturas com motivos religiosos. O altar-mor com trono neogótico possui tratamento pictórico no coroamento e na abóbada representando anjos e o Pai Eterno.

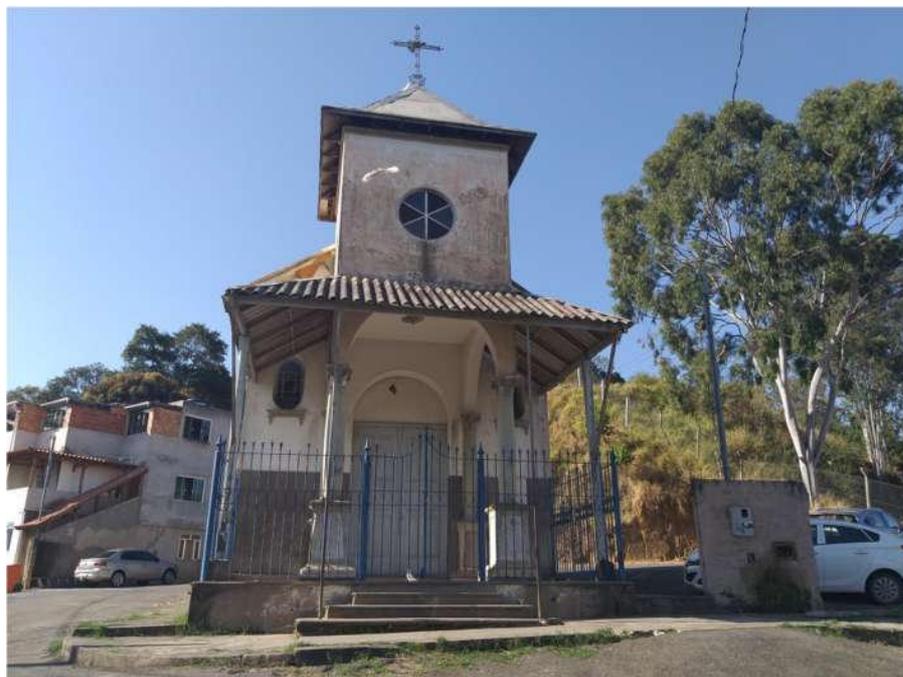
A edificação foi tombada como patrimônio histórico-cultural em nível municipal em 06 de agosto de 1999, por meio do Decreto nº 6.501 tendo indicada a proteção legal e inscrição no Livro do Tombo somente de sua volumetria construtiva e fachadas. No entanto, seu interior está em processo de tombamento iniciado no ano de 2014.

Com a construção da Igreja Matriz de Santa Terezinha na década de 70, também situada no bairro, concomitante ao certo desinteresse da corporação em zelar pela capela, aos poucos as celebrações foram parando de ser realizadas no local, principalmente da década de 1990 em diante, quando em 1997 foi celebrada a última missa e a edificação foi fechada devido ao seu crítico estado de conservação. Em maio de 2011, a comunidade fez um mutirão para a realização de limpeza no local que voltou a ser palco da celebração de missas em um sábado por mês sendo interrompida pelo elevado grau de deterioração e comprometimento da segurança aos usuários que a mesma ostentava. Desta forma, a Capela foi fechada definitivamente, situação em que permanece até os dias atuais.

Como forma de tentar assegurar a recuperação do bem, em 2018 foi assinado um contrato de cessão da referida capela por parte do 2º Batalhão da Polícia Militar de Minas Gerais tendo como cessionária a Mitra Arquidiocesana de Juiz de Fora, por um período inicial de cem anos podendo ser prorrogado pelo dobro do tempo. Sendo assim, a responsabilidade em assegurar a preservação do bem e realizar as intervenções de conservação e restauro foi passada para a Arquidiocese.

Entre os procedimentos iniciais para viabilizar o restauro da capela (intervenção subsidiada pelas diretrizes do presente trabalho), em 2019 foi constituída uma comissão de restauração constituída por: dois padres, uma arquiteta e dois representantes da comunidade que, implementaram os primeiros procedimentos burocráticos para assegurar a integridade do perímetro de entorno da capela, bem como para minimizar os danos existentes, mesmo que de forma mais primária devido a escassez de recursos, como por exemplo, a limpeza da área externa e interna da capela.

Figura 5: Fachada frontal e entorno da capela atualmente.



Fonte: A autora (2019).

#### **4. DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO**

O diagnóstico completo do estado de conservação da edificação foi realizado em cinco etapas, sendo elas: inspeção visual e monitorização das fissuras; utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT); realização de ensaio não-destrutivo (termografia); mapeamento de danos; e elaboração de matriz GUT (gravidade, urgência, e tendência).

A utilização desta metodologia visa diagnosticar de forma precisa as manifestações patológicas (visíveis e ainda sem sinais evidentes) existentes no bem, subsidiando o acompanhamento da evolução dos danos, bem como a proposição de medidas mitigadoras assertivas.

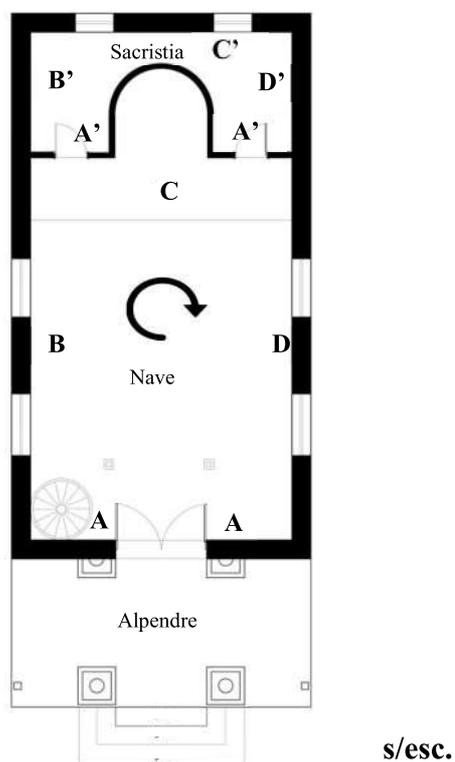
##### **4.1. INSPEÇÃO VISUAL E MONITORIZAÇÃO DAS FISSURAS**

A primeira etapa do diagnóstico consistiu em uma inspeção visual, para verificação inicial dos danos existentes, o que serviu de subsídio para determinar quais manifestações patológicas deveriam ser monitoradas e contempladas com ensaios não-destrutivos (END)

para investigação mais aprofundada de suas causas, evoluções e consequente elaboração de medidas mitigadoras.

Iniciou-se o procedimento partindo do interior da edificação que possui área de aproximadamente 75 m<sup>2</sup>, conforme o sentido indicado na figura 6, para o exterior, analisando-se fachadas e cobertura.

Figura 6: Planta esquemática e sentido da inspeção



s/esc.

Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.1.1 Fachadas

A fachada frontal apresenta desgaste e perda de camada pictórica (dano este comum a todas as fachadas), umidade descendente, microrganismos e fissuras originadas por recalque diferencial na fundação (Figura 7).

Figura 7: Fissuras, microorganismos e perda de camada pictórica na fachada frontal.



Fonte: A autora (2020).

As fachadas laterais possuem desprendimento do emboço e do reboco em alguns pontos, sujidade generalizada, umidade ascendente, fissuras mapeadas oriundas de movimentação higroscópica, bem como presença de vegetação de pequeno porte no embasamento (Figura 8 e 9).

Figura 8: Danos na fachada lateral esquerda.



Fonte: A autora (2020).

Figura 9: Danos na fachada lateral esquerda.



Fonte: A autora (2020).

A fachada posterior apresenta as mesmas manifestações patológicas das demais, mas verifica-se também a existência de microflora e oxidação das grades ao redor dos vãos das janelas, lacunas nos óculos e perdas de seção no elemento de alvenaria protetor do embasamento da edificação (Figura 10).

Figura 10: Danos na fachada posterior.



Fonte: A autora (2020).

#### 4.1.2 Alpendre

No alpendre verificou-se desprendimento do revestimento argamassado da base das colunas e seus capitéis oriundas de umidade e incompatibilidade entre o substrato e a argamassa cimentícia utilizada (Figuras 11 e 12).

Figura 11: Base da coluna.



Fonte: A autora (2020).

Figura 12: Capitel da coluna.



Fonte: A autora (2020).

Na laje de cobertura nota-se a perda da camada de cobrimento do concreto, carbonatação, exposição e consequente corrosão de armadura provocados por intervenção inadequada realizada para a instalação de um ponto de luz no local (figura 13).

Figura 13: Exposição e corrosão da armadura da laje.



Fonte: A autora (2020).

Nos pontos-chave dos arcos existem fissuras de sobrecarga causada pela fixação do madeiramento de suporte para o telhado de amianto, que inclusive pode ser entendido como elemento espúrio, dificultando a leitura do bem em questão (Figura 14).

Figura 14: Exposição e corrosão da armadura da laje.



Fonte: A autora (2020).

Nos pisos de ladrilhos hidráulicos nota-se desgaste natural oriundo do uso, do tempo e da acidez das fezes de aves aderidas; peças faltantes retiradas para passagem de tubulação elétrica e presença de vegetação de pequeno porte (Figura 15).

Figura 15: Peças faltantes no piso e presença de vegetação de pequeno porte.



Fonte: A autora (2020).

#### 4.1.3 Paredes internas

Existem alguns danos comuns à maioria das paredes internas da nave (“A”, “B”, “C” e “D”), são eles: perda de camada pictórica e descascamento de pinturas parietais; desprendimento do reboco e do emboço em alguns pontos; fissuras oriundas de movimentação higroscópica; e sujidades aderidas (Figuras 16 e 17).

Figura 16: Perda de camada pictórica e fissura oriunda de movimentação higroscópica.



Fonte: A autora (2020).

Figura 17: Pontos com desprendimento do reboco e do emboço.



Fonte: A autora (2020).

Na parede “B” foi realizada uma intervenção inadequada para a passagem de tubulação, ocasionando uma lacuna na alvenaria que com o objetivo de vedação, foi preenchida equivocadamente com argamassa cimentícia (Figura 18).

Figura 18: Intervenção inadequada para passagem de tubulação.



Fonte: A autora (2020).

Nas parede “C” fica evidente o comprometimento estrutural da edificação por meio de fissuras passantes de grande diâmetro na alvenaria estrutural, podendo ser caracterizadas como fendas, que podem ser vistas inclusive do lado de dentro da sacristia. As mesmas são

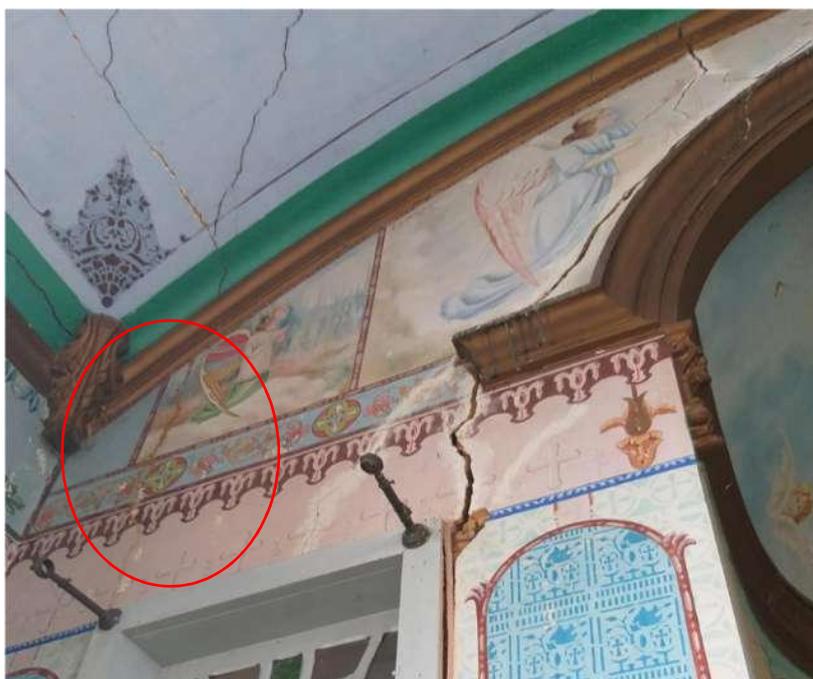
oriundas do recalque de fundação que sofrido, bem como o agravamento das mesmas devido à sobrecarga ocasionada pela distribuição disforme dos esforços do telhado. Além disso, nota-se a presença de insetos xilófagos na alvenaria, conhecidos como “cupins-de-solo” (Figuras 19 e 20).

Figura 19: Rachaduras na parede "C".



Fonte: A autora (2020).

Figura 20: Trilha de cupim-de-solo e rachaduras na parede "C".

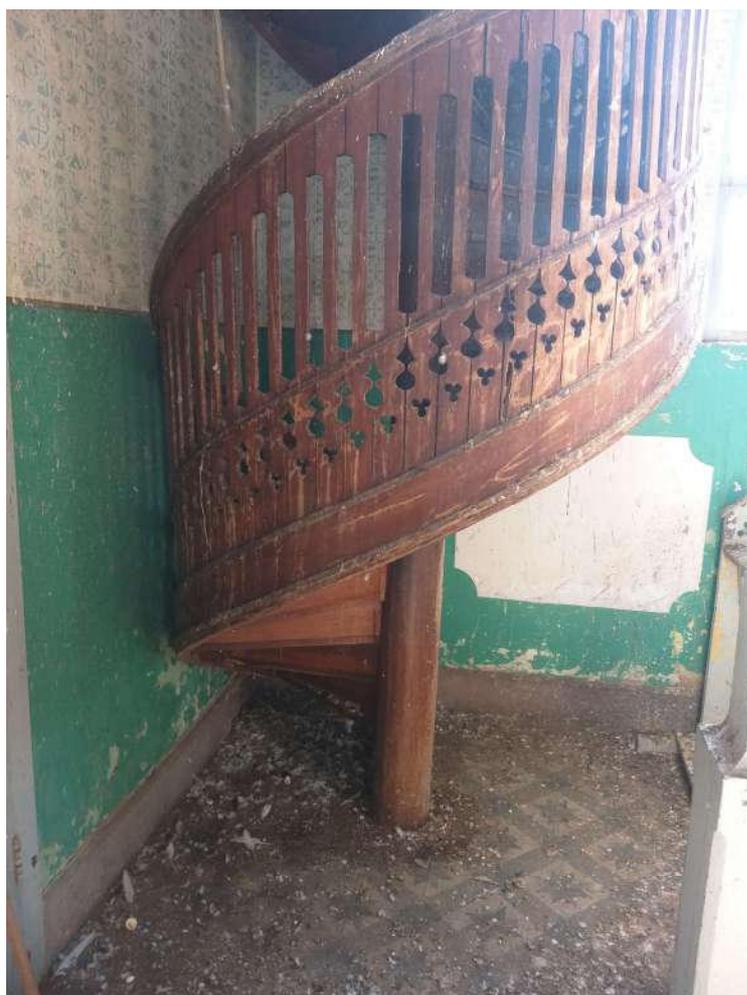


Fonte: A autora (2020).

#### 4.1.4 Escada, balaústre, guarda-corpo e coro

A escada apresenta comprometimento dos pisos devido à presença de insetos xilófagos e acúmulo de dejetos de aves que favorecem seu apodrecimento, mas seu fuste, guarda-corpo e o corrimão, por serem constituídos em madeira nobre, são mais resistentes à estes agentes degradadores e portanto, apresentam melhor estado de conservação.

Figura 21: Escada e guardacorpo



Fonte: A autora (2020).

O laminado de madeira que compõe o piso do coro encontra-se completamente degradado e com peças faltantes devido à ação dos mesmos agentes que comprometeram o piso da escada (ação dos xilófagos e excrementos de aves). No entanto, os esteios de madeira, bem como os barrotes que servem de suporte ao laminado, encontram-se em bom estado de conservação.

Figura 22: Coro, escada, balaustrada e guardacorpo danificados.



Fonte: A autora (2020).

Figura 23: Laminado do coro danificado e com peças faltantes.



Fonte: A autora (2020).

#### 4.1.5 Esquadrias

Os caixilhos de madeira de todas as janelas encontram-se em crítico estado de conservação devido ao ataque de insetos xilófagos e constante umidade. Nota-se

fendilamentos, apodrecimento das peças e perda de seção dos peitoris em massa com consequente exposição da alvenaria.

Figura 24: Esquadria de madeira.



Fonte: A autora (2020).

Figura 25: Fendilamentos e xilófagos.



Fonte: A autora (2020).

Além disso, em todas as janelas há inúmeros vidros faltantes, sendo necessária a colocação de telas externas como tentativa de mitigar a infestação de aves no local.

Os basculantes da fachada dos fundos constituídos em ferro são uma intervenção posterior que ocorreu em substituição a uma porta que existia originalmente na sacristia. Nota-se nos mesmos pontos de oxidação, microflora ao redor dos caixilhos, bem como vidros faltantes.

Figura 26: Caixilhos de ferro oxidados.



Fonte: A autora (2020).

A porta principal, também composta em madeira, apresenta as mesmas manifestações patológicas verificadas nas demais esquadrias do mesmo material, só que em melhor estado sendo estas: a presença de insetos xilófagos, e fendilhamento de batentes e folhas. Nota-se ainda uma lacuna referente a perda completa da bandeira fixa constituída em madeira e vidro, que para vedação paliativa foi fechada com compensado de madeira (que também encontra-se comprometido pela presença dos cupins).

Figura 27: Fendilhamento na porta principal.



Fonte: A autora (2020).

Figura 28: Compensado no local da bandeira da porta.



Fonte: A autora (2020).

As portas da sacristia também sofrem com os mesmo danos encontrados na porta principal, mas possuem vidros faltantes e em uma delas verifica-se o desprendimento do marco de madeira da alvenaria.

Figura 29: Portas com vidros faltantes.



Fonte: A autora (2020).

Figura 30: Presença de xilófagos nas portas.



Fonte: A autora (2020).

#### 4.1.6 Forro da nave

O forro de estuque da nave encontra-se estruturalmente comprometido, apresentando diversas fissuras nas quatro extremidades, oriundas do recalque de fundação sofrido pela edificação bem como da sobrecarga do telhado.

Além disso, a infiltração de águas pluviais pela cobertura agravou seu comprometimento estrutural, além de provocar uma mancha de umidade com microflora em parte do forro, próximo ao altar-mor. Especificamente neste ponto constata-se a saturação do estuque permitindo que a água ultrapasse o forro e crie pontos de empoçamento no interior da capela.

Figura 31: Fissuras no forro de estuque.



Fonte: A autora (2020).

Figura 32: Fissuras no forro de estuque.



Fonte: A autora (2020).

Figura 33: Mancha de umidade e microflora no forro.



Fonte: A autora (2020).

Figura 34: Empoçamento devido à infiltração.



Fonte: A autora (2020).

#### 4.1.7 Forro da sacristia

O forro de madeira da sacristia encontra-se completamente degradado, devido à ação de insetos xilófagos, da infestação de aves, e da infiltração de água apodrecendo o tabuado de madeira e provocando inúmeras lacunas. Além disso, nota-se o apodrecimento e consequente comprometimento estrutural dos barrotes de madeira que sustentam o forro.

Figura 35: Forro da sacristia degradado.



Fonte: A autora (2020).

Figura 36: Forro da sacristia degradado.



Fonte: A autora (2020).

#### 4.1.8 Parede da sacristia

Existem trincas no encontro de cunhais indicando colapso por sobrecarga e recalque com início de destacamento do painel de alvenaria, além de fissuras por movimentação higroscópica e sujidades aderidas.

encontro dos cunhais.



Fonte: A autora (2020).

#### 4.1.9 Pisos da nave e da sacristia

O piso de ladrilho hidráulico da nave encontra-se em bom estado de conservação, sem peças faltantes, apresentando somente sujidades aderidas, incrustações, desgaste natural pelo uso e pela acidez dos dejetos de aves aderidos.

Figura 37: Piso da nave.



Fonte: A autora (2020).

O piso da sacristia constituído de cimento queimado também encontram-se em satisfatório estado de conservação, apresentando como danos o desgaste natural e uma espessa camada (aproximadamente 3 cm) de excrementos de aves depositados e aderidos.

Figura 38: Piso da sacristia.



Fonte: A autora (2020).

#### 4.2 MONITORIZAÇÃO DAS FISSURAS

Para determinar o comportamento quanto a atividade e possível progressão das fissuras foram colocados testemunhos de gesso naquelas que são mais representativas e que indicam comprometimento estrutural da alvenaria autoportante oriundas de recalque e sobrecarga, ou por ação higroscópica, totalizando cinco pontos.

O testemunho 1 foi inserido na parede referente ao altar-mor, mas por dentro da sacristia (parede A'), onde há a fenda proveniente do recalque de fundação; o segundo foi fixado na parede "B" em uma fissura de origem higroscópica; e o terceiro e o quarto foram fixados na parede "D" em fissuras com este mesmo agente causador. A monitorização foi iniciada no dia 08/10/2019 e as inspeções são realizadas com periodicidade mensal.

Figura 39: Testemunho 1.



Fonte: A autora (2020).

Figura 40: Testemunho 2.



Fonte: A autora (2020).

Figura 41: Testemunho 3.



Fonte: A autora (2020).

Figura 42: Testemunho 4.



Fonte: A autora (2020).

Conforme Duarte (1998), as fissuras podem ser classificadas quanto sua atividade em passivas ou ativas. As passivas são aquelas que encontram-se estabilizadas, sem variações de comprimento ou espessura ao longo do tempo. Já as ativas, possuem maior gravidade visto

que progridem à medida que as condições que as originaram sofrem modificações, fazendo com que elas se comportem como juntas induzidas pela estrutura.

Em todas as inspeções realizadas até o mês de julho de 2020, todos os testemunhos mantiveram-se intactos, permitindo a classificação das fissuras como passivas. No entanto, na vistoria que ocorreu em 17/08/2020, constatou-se que houve movimentação na fenda da parede A' provocando ruptura do testemunho 1. Tal comportamento se deve à variação térmica sofrida pela edificação no período de transição de estações (do outono atípico com temperaturas elevadas para o inverno) provocando a retração de seus componentes. Desta forma, esta fenda passou a ser considerada como ativa, enquanto as demais fissuras continuam estabilizadas e portanto, serão tratadas como sendo passivas.

Figura 43: Movimentação verificada no testemunho 1.



Fonte: A autora (2020).

Figura 44: Fenda em que o testemunho foi fixado.



Fonte: A autora (2020).

### 4.3 TERMOGRAFIA

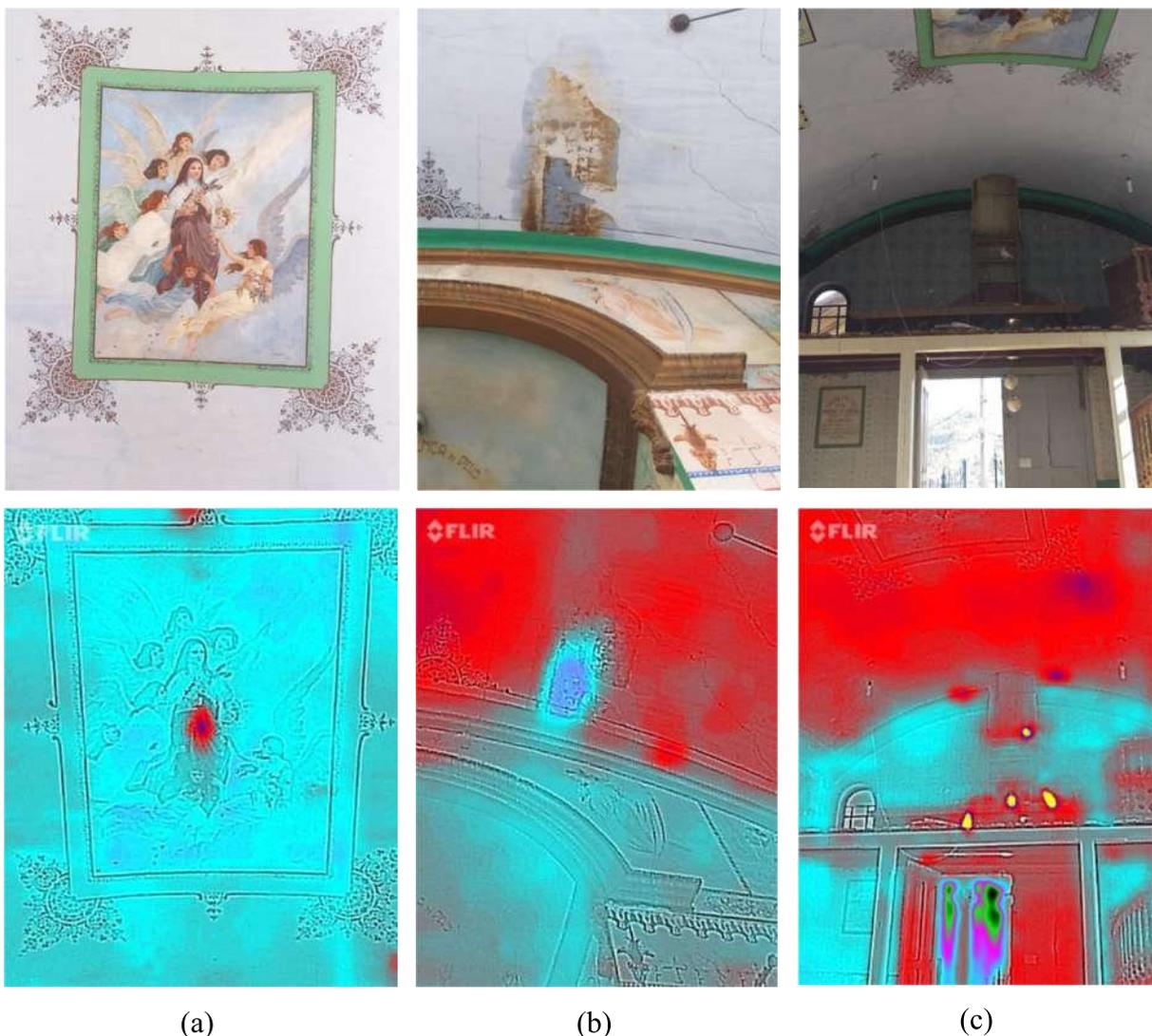
A termografia é um tipo de ensaio não-destrutivo e não invasivo com grande potencial de utilização no monitoramento da evolução das manifestações patológicas nas edificações, que por meio de termovisores e radiômetros detecta radiação infravermelha emitida naturalmente pelos materiais com intensidade diretamente proporcional à sua temperatura. Desta forma é possível determinar a variação térmica de diferentes superfícies em relação a um padrão de temperatura preestabelecido. Por não ser necessário contato físico, esta técnica agrega maior precisão ao diagnóstico de danos em um patrimônio histórico, possibilitando a análise de áreas de difícil acesso por meio de uma abordagem sustentável, de forma ágil, segura e confiável. (BAUER, 2013; LERMA *et. al*, 2014; TAKEDA; MAZER, 2018).

Para realizar um estudo termográfico correto é necessário comparar as imagens fototérmicas com a realidade, cruzando os dados obtidos na inspeção visual, e se possível em diferentes períodos do dia. Desta forma é possível observar mudanças no comportamento térmico dos materiais, ao passo que algumas manifestações patológicas como falhas, fissuras e umidade podem afetar o fluxo de calor regular. Deve-se levar em consideração critérios como cor dos materiais, presença de sais, porosidade e ângulo de visão estudo da ligação entre paredes, mapeamento de umidade ou difusividade térmica (LERMA *et. al*, 2014).

Nesta pesquisa, após a inspeção visual para determinação do estado de conservação da Capela de Santa Teresinha, utilizou-se a termografia como método de confirmação das características das anomalias observadas bem como a localização de outros danos que porventura, ainda não possuíssem sinais visíveis a olho nú. Para tanto empregou-se uma câmera modelo FLIR ThermaCAM b40s que opera no domínio de espectro eletromagnético 7.5 – 13  $\mu\text{m}$ , sendo classificada na categoria de alta sensibilidade (0.10 °C), produzindo imagens infravermelhas claras.

As medições foram realizadas em dois momentos: em dias de estiagem e, portanto com todos os elementos construtivos com baixíssimo teor de umidade; e logo após um período de chuva com os materiais constituintes saturados. Constatou-se que as imagens termográficas obtidas após a saturação apresentaram resultados mais nítidos (figura 45). Nelas foi possível verificar a presença de umidade em pontos antes não identificados na análise visual, como é o caso do centro do forro de estuque (a) o que possibilita um estudo mais aprofundado para as intervenções a serem efetuadas bem como, permite a confirmação da presença de umidade em pontos visivelmente degradados (b) e a presença de aves no interior do forro (c).

Figura 45: Imagens termográficas obtidas.



Fonte: A autora (2020).

#### 4.4 VEÍCULO AÉREO NÃO-TRIPULADO (VANT)

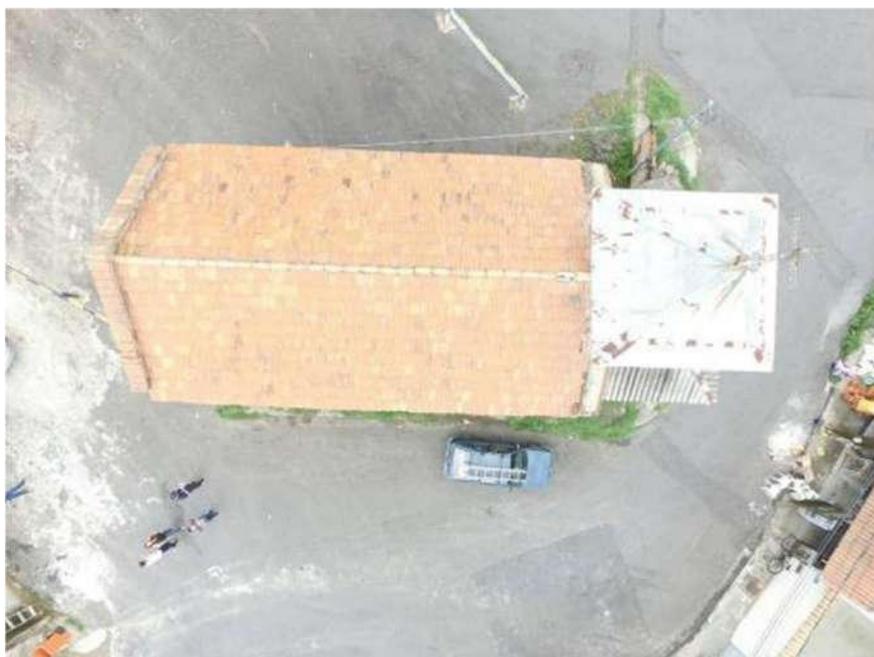
A utilização de drones na construção civil é uma técnica promissora, com diversas aplicações e que tem se tornado importante ferramenta de auxílio aos profissionais da área, complementando trabalhos de inspeção e diagnóstico do estado de conservação de edificações. De acordo com Falorca e Lanzinha (2018), dentre as vantagens inerentes ao uso dos veículos aéreos não-tripulados (VANT) estão: menor tempo demandado para execução das tarefas; possibilidade de inspeção em locais de difícil acesso; maior precisão para análises e diagnósticos; segurança dos operadores; diversidade e maior qualidade dos dados gerados. Como podem ser acoplados aos drones câmeras que capturam fotos e realizam filmagens em

alta resolução, sistemas de geolocalização dentre outras ferramentas, sua utilização viabiliza a aplicabilidade no diagnóstico das manifestações patológicas de grandes obras de arte, bem como a geração de modelos 3D que são úteis nesta etapa, mas também nas áreas de projeto, manutenção e gestão.

Por meio do drone modelo “Phanton 4” inicialmente realizando um voo livre sobre a edificação objeto de estudo, foi possível realizar a inspeção e analisar o estado de conservação da cobertura, local este de difícil acesso para a verificação visual convencional, e ponto de grande vulnerabilidade na edificação sendo origem de algumas manifestações patológicas encontradas no interior do bem.

Constatou-se então que a cobertura apresenta telhas faltantes somente na ornamentação do frontão da fachada posterior, estando, portanto, em sua maioria em bom estado de conservação somente com sujidades aderidas. No entanto, as mesmas encontram-se desencaixadas, devido ao recalque sofrido pela edificação, à vibração excessiva gerada pelo tráfego de veículos pesados, ao apodrecimento da estrutura do telhado e por uma limpeza realizada de forma inadequada, fatores estes que possibilitam a infiltração de água na edificação (Figura 46).

Figura 46: Cobertura da capela.



Fonte: A autora (2020).

Nota-se ainda, o abaulamento da cumeeira e de uma das águas, sendo elementos indicativos do comprometimento estrutural de seu madeiramento. Quanto à cobertura da torre, feita em latão, nota-se pontos de oxidação em suas quatro águas (Figura 47).

Figura 47: Abaulamento da cumeeira e da água direita.



Fonte: A autora (2020).

O VANT, por meio da fotogrametria, concebeu uma nuvem de pontos que viabiliza, através do emprego de softwares para compatibilização e simplificação, a integração com a plataforma BIM, servindo de base para a modelagem da edificação e, conseqüentemente, auxiliando nas etapas de intervenção e gestão (Figura 48).

Além disso, obteve-se ainda por meio do escaneamento a laser 3D, a captura e extração automática de um modelo geométrico tridimensional (vide figura 49). Nele pode-se verificar a relação entre a edificação e seu entorno, bem como sua topografia, fator que contribui diretamente para originação das principais manifestações patológicas estruturais que o bem apresenta. A existência do talude, juntamente com o caimento inadequado e falta de drenagem superficial, associadas à alta velocidade de escoamento das águas pluviais, e perda da estrutura de alvenaria que protege o embasamento da edificação, permitem a infiltração da água em sua base, carreando o solo e gerando recalque diferencial nas quatro extremidades da fundação, que é rasa. O tráfego de veículos pesados utilizando a edificação como retorno,

gerou vibrações que acentuaram esta movimentação e aumentaram a dimensão das rachaduras existentes.

Figura 48: Nuvem de pontos fotogramétrica extraídas e geradas pelo VANT.



Fonte: A autora (2020).

Figura 49: Modelo geométrico tridimensional obtido por escaneamento a laser 3D.



Fonte: A autora (2020).

Com o equipamento elaborou-se ainda um mapa NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) para fins de monitoramento da qualidade da vegetação presente no talude (Figura 50). Análise relevante ao passo que a presença e integridade da mesma pode interferir na estabilidade do elemento. Com base nisto, verificou-se que há predomínio de vegetação rasteira, com áreas de solo exposto e alguns pontos com vegetação mais densa, e de modo geral, com qualidade de “regular” a “boa”. Desta forma, constata-se que a cobertura vegetal é de grande importância para o controle de possíveis processos erosivos no local e que até o momento não verificou-se risco iminente de erosão.

Figura 50: Mapa NDVI gerado pelo VANT.



Fonte: A autora (2020).

#### 4.5 MAPEAMENTO DE DANOS

Com base em todos os dados obtidos e nas manifestações patológicas identificadas na inspeção visual, na termografia e no uso do VANT elaborou-se o mapeamento de danos afim de facilitar a compilação, localização e mensuração das anomalias encontradas na edificação, subsidiando a formulação de propostas assertivas de intervenção. Por meio dele constatou-se que:

- i) a fachada frontal (a) apresenta desgaste e perda de camada pictórica, infiltração de água e colonização de microorganismos junto ao vitral bem como fissura oriunda do recalque de fundação sofrido pela edificação, que pode ser observada também pelo lado interno da parede. Além disso, as mísulas, elementos escultóricos ao redor da cobertura, esculpidos em alvenaria e revestidos com massa, apresentam em alguns pontos, desprendimento da argamassa e perda de seção.
- ii) as duas fachadas laterais (“b” e “d”) apresentam manifestações patológicas semelhantes, sendo observados: desgaste e perda da camada pictórica, pontos com desprendimento do emboço, sujidade generalizada, umidade ascendente (favorecida pela presença do barrado em chapisco que dificulta a respiração das paredes), presença de microorganismos, vegetação de pequeno porte junto à base e fissuras mapeadas oriundas da associação de movimentações higrotérmicas diferenciadas entre o revestimento e a estrutura.
- iii) na fachada posterior (c) além dos danos mencionados anteriormente, há presença de microflora e oxidação das grades ao redor dos vãos das janelas, lacunas nos óculos e perdas de seção no resalto de concreto no embasamento da edificação, deixando a alvenaria exposta.
- iv) as paredes internas da edificação (“e” e “f”) apresentam perda de camada pictórica e de partes das pinturas parietais, desprendimento do reboco, fissuras oriundas de movimentação higroscópica e sujidades aderidas oriundas do acúmulo de fezes de aves. No entanto na parede do altar mor, percebe-se a existência de fendas próximas aos vãos e ao arco-do-cruzeiro, que perpassam a estrutura de alvenaria autoportante (e podem ser visualizadas também do interior da sacristia) decorrente de recalque de fundação que foi agravada devido à movimentação de veículos pesados ao redor da capela, causando vibrações, aumento do recalque e expansão das fendas.
- v) o forro de estuque da nave (g) apresenta fissuras nos quatro cantos oriundas do recalque da fundação e da sobrecarga do telhado, cuja estrutura está comprometida. Além disso, nota-se existência de um ninho de aves em seu interior e sobre as fissuras. Foram verificadas ainda manchas de umidade, com microflora, advindas de infiltração pela cobertura. O forro de madeira da sacristia encontra-se completamente degradado, devido à presença de insetos xilófagos, umidade descendente e presença de inúmeras aves, cujos excrementos aceleram o apodrecimento das peças.

Figura 51: Mapeamento de danos



Fachada frontal (a)



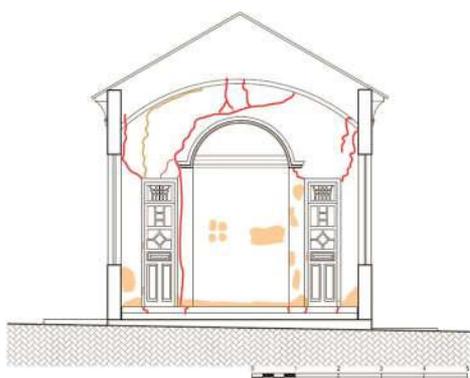
Fachada lateral esquerda (b)



Fachada posterior (c)



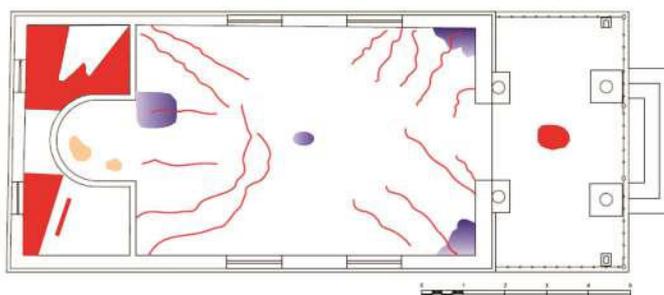
Fachada lateral direita (d)



Parede do altar - corte AA (e)



Parede interna lateral - corte BB (f)



Forro (g)

### Legenda

Lacuna	Perda de camada pictórica	Xilófagos	Destacamento
Fissuras/rachaduras	Umidade ascendente	Perda de vidro	Quebra nos tubos de PVC
Microflora	Umidade descendente	Intervenção incorreta	Abaulamento da cumeeira
Vegetação	Microorganismo	Oxidação	

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

## 4.6 MÉTODO GUT (GRAVIDADE, URGÊNCIA E TENDÊNCIA) PARA DETERMINAÇÃO DAS PRIORIDADES DE INTERVENÇÃO

O método GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) é uma ferramenta que auxilia na determinação de prioridade de forma racional. Por meio desta matriz pode-se analisar a gravidade do problema para as pessoas e operações envolvidas; a urgência demandada para sua resolução; e a tendência no que diz respeito a sua evolução positiva ou negativa. Para tanto, utiliza-se de três colunas de decisão para determinação de uma ordem de prioridades, e por meio da combinação das mesmas pode-se orientar as tomadas de decisão e consequentemente a resolução dos problemas (KEPNER; TREGOE, 1981). As escalas de pontuação utilizadas podem ser verificadas na tabela a seguir:

Tabela 5: Escala de pontuação GUT.

<b>Pontos</b>	<b>Gravidade (G)</b>	<b>Urgência (U)</b>	<b>Tendência (T)</b>
	<b>Consequência se nada for feito</b>	<b>Prazo para tomada de decisão</b>	<b>Proporção do problema futuramente</b>
5	Extremamente graves	Ação imediata	Agravamento imediato, se nada for feito

4	Muito graves	Com certa urgência	Piora a curto prazo
3	Graves	O mais cedo possível	Piora a médio prazo
2	Pouco graves	Pode esperar um pouco	Piora a longo prazo
1	Sem gravidade	Não há pressa	Não vai piorar

Fonte: Oliveira (1995).

A cada problema analisado deverá ser atribuída uma nota de “1 a 5”, referente às três características: gravidade, urgência e tendência. Em seguida, os pontos atribuídos para cada demanda, deverão ser multiplicados resultando em um valor específico para cada problema. Com o ordenamento dos valores máximos obtidos, pode-se então estabelecer as ações de gerenciamento para resolução dos mesmos.

Como última etapa do diagnóstico do estado de conservação da Capela de Santa Teresinha, utilizou-se o método GUT para compilação e análise de todas as manifestações patológicas verificadas no que diz respeito à sua relação com o comprometimento da edificação. Além disso, o método tem por objetivo subsidiar as diretrizes de intervenção a serem realizadas no bem de acordo com a ordem de prioridades obtida (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6: Matriz GUT para análise das manifestações patológicas na capela.

<b>Manifestação patológica</b>	<b>G</b>	<b>U</b>	<b>T</b>	<b>GUT</b>
Fissuras nos pontos-chave dos arcos no alpendre	2	3	3	18
Perda de seção no revestimento argamassado das colunas na base e nos capitéis	1	1	2	2
Pisos faltantes no alpendre	2	2	2	8
Vegetação de pequeno porte nos pisos do alpendre	2	3	4	24
Exposição e corrosão de armadura da laje do alpendre	3	3	3	27
Vidros faltantes nas janelas	2	3	2	12
Lacuna na bandeira da porta principal	1	1	1	1
Ataque de insetos xilófagos nas esquadrias de madeira	2	2	4	16
Oxidação nas esquadrias metálicas	1	2	2	4
Umidade ascendente nas fachadas	3	3	3	27
Microrganismos nas fachadas	1	1	2	2
Microflora nas fachadas	1	1	3	3

Vegetação de pequeno porte na base da edificação	2	3	4	24
Perda de camada pictórica nas fachadas	2	2	3	12
Desprendimento do reboco e emboço em pontos das fachadas	2	3	3	18
Fissuras mapeadas no revestimento das fachadas	2	2	3	12
Fissuras de origem higroscópica nas paredes internas	3	3	3	27
Desgaste dos ladrilhos hidráulicos da nave	1	1	2	2
Cupim-de-solo na alvenaria (parede do altar-mor)	4	3	4	48
Fenda nas paredes oriundas de recalque e sobrecarga	5	4	3	60
Perda de camada pictórica nas paredes internas	1	1	2	2
Desprendimento do reboco e emboço em pontos das paredes internas	2	2	3	12
Instalações elétricas danificadas	2	1	2	4
Instalações hidráulicas danificadas	2	1	2	4
Apodrecimento de ripado de madeira do coro	2	2	4	16
Apodrecimento de pisos e guarda-corpo de madeira da escada	2	2	4	16
Infiltração e manchas de umidade no forro de estuque	4	5	5	100
Fissuras e trincas nos forro de estuque	4	4	5	80
Rachaduras nos cunhais da parede da sacristia	4	4	3	48
Desgaste do piso de cimento queimado da sacristia	1	1	4	4
Apodrecimento dos barrotes e do ripado de madeira do forro da sacristia	3	2	4	24
Comprometimento do madeiramento do telhado	4	5	5	100
Pontos de oxidação na cobertura da torre	2	3	3	18
Sujidades aderidas nas paredes internas e pisos	1	1	4	4
Infestação de aves	4	4	4	48
Lacuna de elemento protetor do embasamento	3	4	3	36
Perda de sessão em algumas mísulas	1	1	2	2
Sujidades aderidas nas telhas	1	1	2	2
Telhas desencaixadas	3	4	3	36
Telhas faltantes na ornamentação do frontão	1	1	1	1

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Tabela 7: Prioridades segundo a pontuação GUT.

<b>Manifestação patológica</b>	<b>GUT</b>	<b>Prioridade</b>
Infiltração e manchas de umidade no forro de estuque	100	1
Comprometimento do madeiramento do telhado	100	
Fissuras e trincas nos forro de estuque	80	2
Fenda nas paredes oriundas de recalque e sobrecarga	60	3
Cupim-de-solo na alvenaria (parede do altar-mor)	48	4
Rachaduras nos cunhais da parede da sacristia	48	
Infestação de aves	48	
Lacuna de elemento protetor do embasamento	36	5
Telhas desencaixadas	36	
Exposição e corrosão de armadura da laje do alpendre	27	6
Umidade ascendente nas fachadas	27	
Fissuras de origem higroscópica nas paredes internas	27	
Vegetação de pequeno porte nos pisos do alpendre	24	7
Apodrecimento dos barrotes e do ripado de madeira do forro da sacristia	24	
Vegetação de pequeno porte no embasamento da edificação	24	
Fissuras nos pontos-chave dos arcos no alpendre	18	8
Desprendimento do reboco e emboço em pontos das fachadas	18	
Pontos de oxidação na cobertura da torre	18	
Ataque de insetos xilófagos nas esquadrias de madeira	16	9
Apodrecimento de ripado de madeira do coro	16	
Apodrecimento de pisos e guarda-corpo de madeira da escada	16	
Vidros faltantes nas janelas	12	10
Perda de camada pictórica nas fachadas	12	
Fissuras mapeadas no revestimento das fachadas	12	
Desprendimento do reboco e emboço em pontos das paredes internas	12	

Pisos faltantes no alpendre	8	11
Oxidação nas esquadrias metálicas	4	12
Instalações elétricas danificadas	4	
Instalações hidráulicas danificadas	4	
Desgaste do piso de cimento queimado da sacristia	4	
Sujidades aderidas nas paredes internas e pisos	4	
Microflora nas fachadas	3	13
Perda de seção no revestimento argamassado das colunas na base e nos capitéis	2	14
Microrganismos nas fachadas	2	
Desgaste dos ladrilhos hidráulicos da nave	2	
Perda de camada pictórica nas paredes internas	2	
Perda de sessão em algumas mísulas	2	
Sujidades aderidas nas telhas	2	
Lacuna na bandeira da porta principal	1	15
Telhas faltantes na ornamentação do frontão	1	

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A determinação de prioridades na resolução das manifestações patológicas verificadas na edificação por meio do método GUT, indicou que as intervenções mais urgentes são aquelas relacionadas a elementos estruturais, seguinte uma lógica vertical e descendente (da cobertura para o piso) como o comprometimento do madeiramento da cobertura e a infiltração de água pluvial no forro de estuque. Fatores que funcionam como causas de outros danos sérios no bem.

Sanados os problemas na cobertura deve-se intervir com certa urgência nos fatores que impactam na capacidade portante e no desempenho da alvenaria estrutural tal como: as fendas, rachaduras e fissuras nas paredes oriundas de recalque e sobrecarga, reestabelecendo sua capacidade de carga e possibilitando o recebimento dos esforços solicitantes oriundos da cobertura após a intervenção. Além disso, o tratamento quanto à remoção dos cupins-de-solo se mostra também uma prioridade ao passo que trata-se de um agente patológico que degrada o material com rapidez, comprometendo a estrutura e degradando demais partes da edificação.

A infestação de aves também é uma das prioridades de intervenção ao passo que estes animais são corresponsáveis, por conta de seus dejetos, pela degradação de vários elementos

construtivos da edificação, sendo necessária sua remoção para que todas as resoluções dos demais problemas apresentados sejam de fato efetivas e duradouras. Além disso, é uma questão de saúde pública combater a infestação de pombos que oferece riscos, por conta dos excrementos secos, à população vizinha devido à possibilidade de inalação de esporos de *Criptococcus*, culminando em doenças como criptococose e histoplasmose.

## **5. ARGAMASSAS DE CAL E ADIÇÕES SUSTENTÁVEIS**

O uso de cal na formulação das argamassas utilizadas nas construções remonta de tempos primórdios, possuindo larga aplicação em revestimentos de fachadas, assentamentos, regularização de superfícies e elementos escultóricos até início do século XX, em diversas partes do mundo (VEIGA, 2017). No passado e ainda hoje, nas intervenções de conservação e restauro a cal é utilizadas nas argamassas em sua formulação clássica e em proporção 1:3, em relação ao agregado. Porém utilizava-se basicamente a cal aérea nas misturas e com o objetivo de se conferir propriedades hidráulicas à mesma, juntamente com melhorias de propriedades mecânicas eram adicionados experimentalmente diversos materiais como pozolanas, óleos, gorduras animais e fibras vegetais.

A utilização de argamassas a base de cal no restauro de edificações históricas se deve ao fato de que este material proporciona “respirabilidade” ao substrato, facilitando a troca de vapores devido à sua porosidade evitando a condensação no interior da alvenaria. Além disso, como vantagens tem-se a baixa condutividade térmica, melhor trabalhabilidade da argamassa e capacidade de acomodação aos movimentos que a edificação experimenta ao longo tempo. Comparativamente, as formulações tendo como base o cimento Portland são menos adequadas para o restauro do que as argamassas de cal pois possuem elevado módulo de elasticidade, baixa permeabilidade e presença de sais solúveis que podem ocasionar o surgimento de eflorescências e produtos expansíveis oriundos de cristalização. Além disso, mesmo a cal apresentando muitas micro fissuras, as fissuras de retração apresentadas pelas argamassas cimentícias são mais largas.

No entanto, existem algumas desvantagens que dificultam a aplicação da cal neste tipo de intervenção. A primeira delas consiste na baixa disponibilidade no mercado da cal virgem sendo prioritariamente adotada a cal hidratada. Porém, esta pode apresentar impurezas e passar por processo de hidratação inadequado o que interfere na qualidade da argamassa. Além disso, a falta de prática da mão de obra atual em relação a confecção de argamassas

tradicionais à base de cal, pode levar à adição exagerada de água na mistura, para adaptar a trabalhabilidade, interferindo diretamente na resistência.

Segundo Guimarães (1998) dentre as principais manifestações patológicas verificadas nas argamassas a base de cal, tem-se aquelas ligadas à presença de águas circulantes, aos componentes da argamassa e a erros de execução. No que tange às águas circulantes, estas podem ser oriundas de infiltração ou hidratação retardada dos óxidos. No primeiro caso, são verificadas manchas, bolores, eflorescências, precipitações e bolhas, já na segunda situação, nota-se formação de vesículas, deslocamentos, empolamentos e fissuras. Quanto aos componentes da argamassa, podem surgir danos decorrentes da proporção inadequada, recarbonação superficial deficiente, adulterações com adições sem capacidade de reação, presença de cimento, retração, minerais lamelares e excesso de finos. Como manifestação visual tem-se descolamentos em placas ou com pulverulência, eflorescências, fissuras mapeadas e manchas. Por último, tem-se os erros de execução com espessura inadequada das camadas, superfícies sem aderência, presença de agentes hidrófugos e permissão de sobrecarga. Tais agentes levam ao surgimentos de diversos danos já citados, com maior incidência do descolamento em placas.

Com base nestas considerações e buscando-se obter composições de argamassa que aliem características sustentáveis à aplicabilidade na edificação objeto de estudo, foram testadas no presente trabalho, além da argamassa tradicional de cal e areia, três adições com traços distintos, sendo elas: microssílica, biopolímero (oriundo de proteína de leite impróprio para consumo humano) e albumina (proteína do ovo). Para tanto, foram moldados corpos de prova submetidos à ensaios de tração, compressão, absorção por capilaridade, absorção por imersão, microscopia e ultrassonografia. No entanto, vale ressaltar que o trabalho foi desenvolvido durante a pandemia de COVID-19, o que dificultou a realização dos ensaios e aprofundamento de algumas análises.

## 5.1. TRAÇOS ADOTADOS E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

O traço de referência empregado consiste na proporção 1: 3: (cal hidratada: areia, em peso) tradicionalmente emprego em argamassas de reconstituição, que permite através do ensaio de consistência, Flow table descrito na NBR 13276 (ABNT, 2016), adotar como parâmetro constante uma trabalhabilidade igual a  $160 \text{ mm} \pm 10$ . Baseado nos dados acima mencionados foram confeccionadas misturas que empregaram a adição de microssílica e/ou clara de ovo em neve (MYDIN, 2017) e microssílica e/ou biopolímero (proveniente do leite

impróprio para consumo humano) (SOUZA *et al*, 2020) a fim de atender as normativas que norteiam as argamassas empregadas em restauro (KANAN, 2008). Sendo assim a figura 52 apresenta um esquema ilustrativo da nomenclatura adotada das argamassas estudadas.

Figura 52: Mapeamento de danos



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Nesse contexto os traços estudados e as trabalhabilidades obtidas encontram-se na Tabela 08, salientando-se que o teor das adições baseou-se em:

- i) microssílica - 0,5 kg
- ii) clara de ovo em neve - 6% em relação ao volume de água, segundo estudos de Mydin (2017);
- iii) biopolímero - 6% em relação ao volume de água, segundo estudos de Souza *et al* . (2020).

Tabela 8: Trabalhabilidades obtidas

Traço estudado	Proporção entre materiais (CAL: AREIA) em peso	ADIÇÃO PROTEÍNA, em volume	Relação água/aglomerante	Trabalhabilidade
REF	1: 3		1,00	166 mm
REFM	1: 3: 0,5		1,5	167 mm
REFC	1: 3:	120 ml	0,9	152 mm
REFMC	1: 3: 0,5	120 ml	1,05	150 mm
REFB	1: 3	120 ml	0,9	150 mm
REFMB	1: 3: 0,5	120 ml	1,1	150 mm

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Analisando a tabela 08 verifica-se que a adição de microsilica ao traço de referência e também aos demais traços, praticamente não interfere na trabalhabilidade da argamassa. No entanto, quando a mesma recebe adição de proteína (oriunda do biopolímero ou da clara de ovo) há perda considerável de trabalhabilidade como constatado nos traços “REFC”, “REFMC”, “REFB” e “REFMB”.

Figura 53: Realização de ensaio *Flow table* para análise de trabalhabilidade da argamassa.



Fonte: A autora (2021).

Quanto aos materiais utilizados, tem-se as seguintes caracterizações mostradas nas Tabelas 9 e 10:

Tabela 9: Características físicas da Areia Natural (AN).

PENEIRA – ABERTURA (mm)	% Retida Acumulada
4,8	0,61
2,4	3,84
1,2	17,82
0,6	50,75
0,3	83,64
0,15	97,43
<0,15	100,00
Diâmetro máximo	2,40 mm
Módulo de finura	2,54
Massa específica real	2,62 kg/dm <sup>3</sup>
Massa específica unitária	1,46 kg/dm <sup>3</sup>
Teor de argila	Isento
Teor de material pulverulento	0,06%
Impureza orgânica	<300 p.p.m.
Absorção de água	3,16%
Forma dos grãos	Arredondado

Fonte: Adaptado da NBR, NM 248 (ABNT, 2001).

Tabela 10: Caracterização da cal hidratada

Compostos	Condição CH I	
<b>Características Químicas</b>	<b>Anidrido Carbônico (CO<sub>2</sub>)</b>	
	Na fábrica	≤ 5%
	No depósito ou obra	≤ 7%
	Óxidos de cálcio e magnésio não hidratados calculados	≤ 10%
	Óxidos totais na base não-voláteis	≥ 90%
	<b>Finura (% retida acumulada)</b>	

<b>Características Físicas</b>	Peneira 0,600 mm	$\leq 0,5\%$
	Peneira 0,075 mm	$\leq 10\%$
	Retenção de água	$\leq 75\%$
	Incorporação de areias	$\leq 3\%$
	Estabilidade	Ausência de protuberâncias
	Plasticidade	$\geq 110$

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

A sílica ativa que foi utilizada apresenta, conforme o fabricante, teor de SiO<sub>2</sub> amorfo maior que 90%, superfície específica de 19.000 m<sup>2</sup>/kg, massa específica de 2,220 g/cm<sup>3</sup> e formato de partícula esférico. O tamanho típico das partículas de sílica ativa está compreendido entre 200 nm e 1 µm. A massa unitária não densificada é inferior a 350 kg/m<sup>3</sup> e a massa unitária densificada superior a esse valor (TECNOSIL, 2019).

A respeito do biopolímero tem-se que o mesmo é um complexo de proteínas (soro do leite e κ-caseína) obtido a partir do rejeito do leite desnatado, onde destacam-se no produto empregado  $5,1178 \pm 0,0260$  % de sólidos totais, sendo estes suspensos em água para formação do aditivo (Souza *et al*, 2020).

No que diz respeito à proteína do ovo, para sua obtenção foi utilizado somente o albúmen, que consiste na parte translúcida que envolve a gema, visto que, segundo Mydin (2017) esta é a parte que contém distintos tipos de proteínas compostas principalmente por aminoácidos. Este foi batido até alcançar consistência espumosa, com o objetivo de aumentar sua capacidade de mistura aos demais componentes da argamassa.

## 5.2 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO, RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE

Entendo-se que muitas das manifestações patológicas verificadas nas argamassas de cal se devem ao não atendimento dos parâmetros de resistência e elasticidade, faz-se necessário ter atenção quanto a isto na formulação das argamassas de recuperação. Neste contexto, existem alguns requisitos mínimos que devem ser atendidos para as argamassas de revestimento em edifícios históricos explicitados na Tabela 11.

Tabela 11: Requisitos mecânicos mínimos para argamassas de revestimento em edifícios antigos.

Uso	Características mecânicas		
	Resistência à tração (MPa)	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de elasticidade (MPa)
Reboco exterior	0,2 - 0,7	0,4 - 2,5	2000 - 5000
Reboco interior	0,2 - 0,7	0,4 - 2,5	2000 - 5000
Juntas	0,4 - 0,8	0,6 - 3	3000 - 6000

Fonte: Adaptado de Veiga (2003).

Nos corpos de prova moldados na pesquisa foram realizados ensaios para verificação de resistência à compressão, conforme a NBR 7215 (ABNT, 1996) e à tração por compressão diametral segundo as orientações da NBR 7222 (ABNT, 2005). Os corpos de prova foram moldados no dia 08/02/2021, ensaiados com 40 dias de idade e o tipo de capeamento utilizado foi a nata de cimento, conforme as Figuras 54 e 55 e os resultados obtidos estão presentes na Tabela 12.

Figura 54: Ensaio de resistência à compressão



Fonte: A autora (2021).

Figura 55: Ensaio de resistência à tração



Fonte: A autora (2021).

Tabela 12: Resultados de resistência à compressão das argamassas

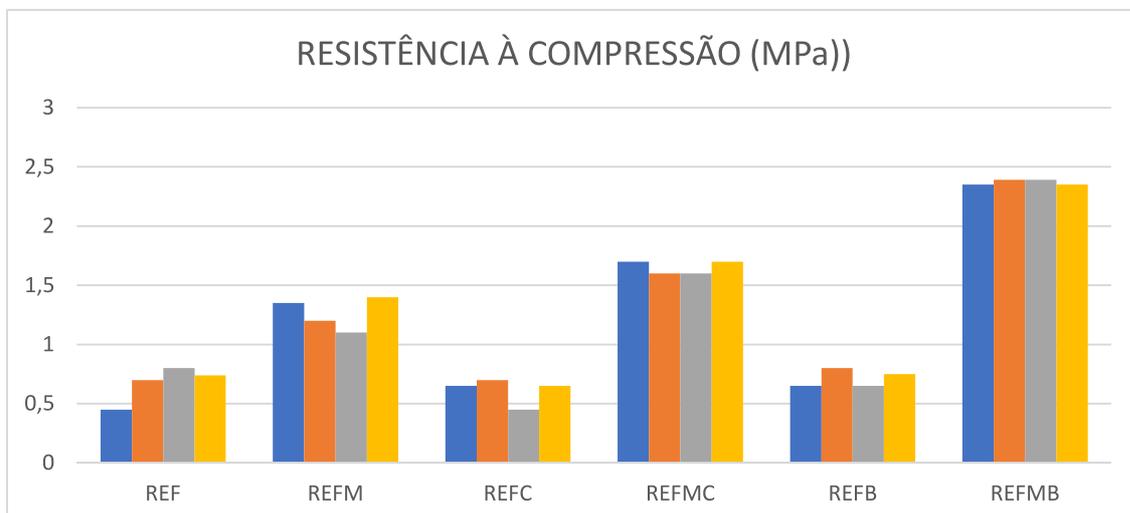
	Resistência em MPa					
	REF	REFM	REFC	REFMC	REFB	REFMB
	0,45	1,35	0,65	1,7	0,65	2,35
	0,7	1,2	0,7	1,6	0,8	2,39
	0,8	1,1	0,45	1,6	0,65	2,39
	0,74	1,4	0,65	1,7	0,75	2,35
<b>Média</b>	<b>0,67</b>	<b>1,26</b>	<b>0,65</b>	<b>1,65</b>	<b>0,71</b>	<b>2,37</b>
<b>DP</b>	<b>0,15</b>	<b>0,13</b>	<b>0,11</b>	<b>0,057</b>	<b>0,075</b>	<b>0,023</b>
<b>CV</b>	<b>0,22</b>	<b>0,103</b>	<b>0,018</b>	<b>0,035</b>	<b>0,105</b>	<b>0,009</b>

Coefficiente de variação = expressa a variabilidade dos dados, sendo menor do que 25% a amostra é aceita  
CV = desvio/média

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

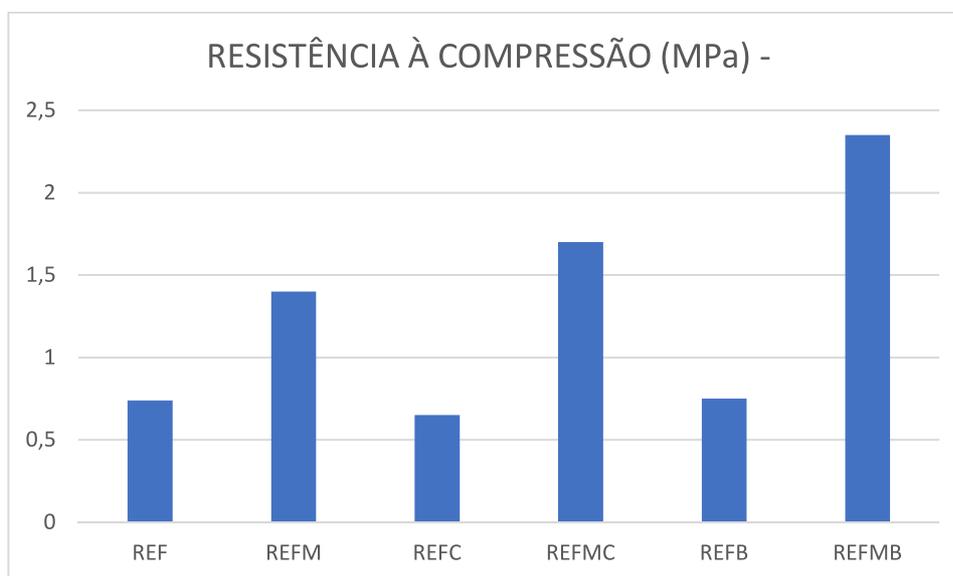
Considerando-se a Análise da Variabilidade das Amostras – ANOVA, tem-se que o  $F_{\text{CALCULADO}}$  é igual a 181,41 e o  $F_{\text{TABELADO}}$  é igual a 2,77. Isso indica que há uma variabilidade significativa entre os grupos, ou seja, o traço da argamassa (materiais empregados) influencia nos dados obtidos, conforme verificado no emprego de proteína animal e/ou microssílica onde esta adição proporciona um incremento nos valores de resistência à compressão.

Figura 56: Gráfico de resistência à compressão, considerando quatro corpos de prova por traço



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Figura 57: Valores médios de resistência à compressão.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Analisando-se os resultados (Figuras 56 e 57), constata-se que a adição de microsilica permite um incremento acima de 50% na resistência à compressão da argamassa e quando esta é associada a proteína animal este valor é superior a 60%. Nesse sentido, de acordo com Mydin, (2017), a adição do albúmen proporciona ganhos de resistência devido à capacidade que as proteínas existentes em sua constituição possuem. Isto possibilita a formação de interações de ligação com outras proteínas e superfícies. No entanto, vale ressaltar que a sua proporção na mistura interfere diretamente no processo, e quantidades maiores que 6% geram decréscimo de resistência pois a clara de ovo é uma solução alcalina e isso pode ser nocivo nas propriedades mecânicas de agregados não suscetíveis à reações álcali sílicas.

Para o caso da proteína leite (caseína) seus resultados são ainda mais expressivos, cerca 70%. No que se refere ao emprego de cal e caseína, Ventolá *et al.* (2011) mencionam que a caseína influencia na forma de cristalização dos cristais de carbonato de cálcio, ou seja, a caseína presente no biopolímero empregado forma um caseinato de cálcio, incrementando a capacidade de ligação da cal resultando em impactos favoráveis nas propriedades físicas da argamassa e, conseqüentemente, nas mecânicas.

Tabela 13: Valores de resistência à tração obtidos por compressão diametral (Mpa).

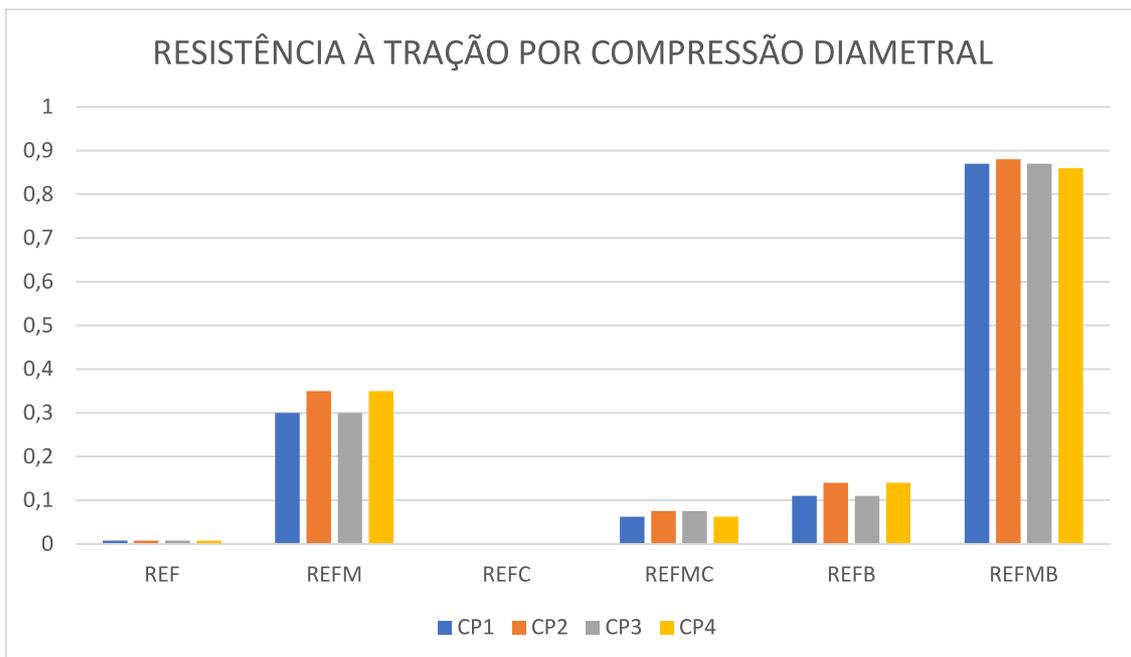
	REF	REFM	REFC	REFMC	REFB	REFMB
	0,0075	0,3	0	0,062	0,11	0,87
	0,0075	0,35	0	0,075	0,14	0,88
	0,0075	0,3	0	0,075	0,11	0,87
	0,0075	0,35	0	0,062	0,14	0,86
<b>média</b>	<b>0,0075</b>	<b>0,325</b>	<b>0</b>	<b>0,0685</b>	<b>0,125</b>	<b>0,87</b>
<b>DP</b>	<b>0</b>	<b>0,0028</b>	<b>0</b>	<b>0,0075</b>	<b>0,017</b>	<b>0,023</b>
<b>CV</b>	<b>0</b>	<b>0,0086</b>	<b>0</b>	<b>0,110</b>	<b>0,136</b>	<b>0,026</b>

Coefficiente de variação = expressa a variabilidade dos dados, sendo menor do que 25% a amostra é aceita  
 CV = desvio/média

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

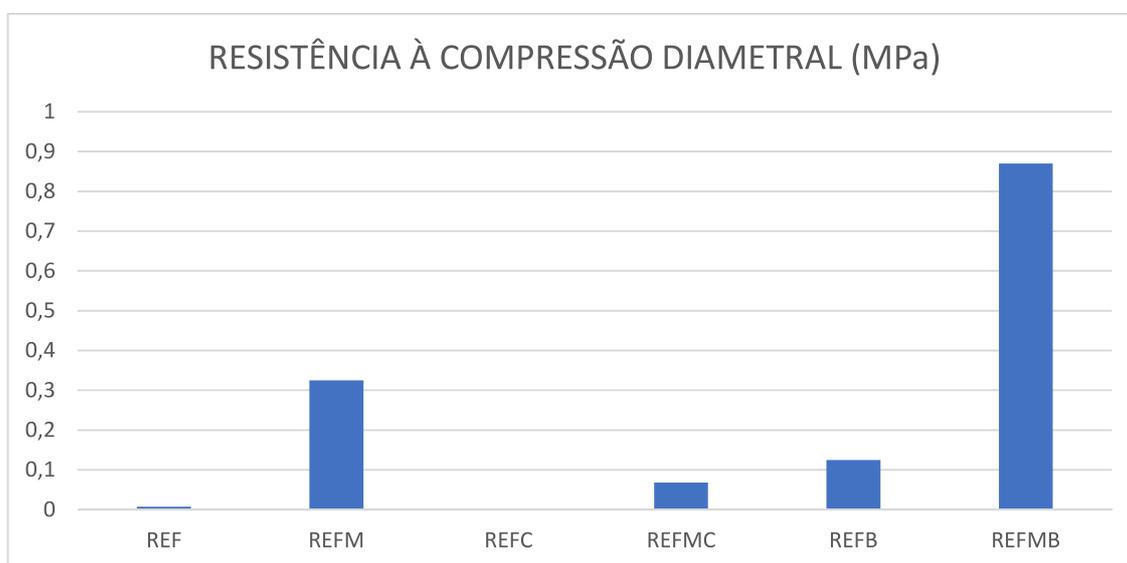
Nestas amostras o  $F_{\text{CALCULADO}}$  é igual a 2132,28 e o  $F_{\text{TABELADO}}$  é igual a 2,77 (Tabela 13). Isso indica que assim como na análise anterior, há uma variabilidade significativa entre os grupos e a adição utilizada interfere diretamente nos valores de resistência à tração da mistura. Isto pode ser verificado nas Figuras 58 e 59.

Figura 58: Gráfico de resistência à tração, considerando 4 corpos de prova por traço



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Figura 59: Valores médios de resistência à tração.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Nota-se que o traço “REF” possui valores muito baixos de resistência à tração e o traço “REFC” não apresenta valores no gráfico, pois os respectivos corpos de prova não possuíam resistência sequer para o posicionamento na máquina antes da aplicação de carga. Com isso constata-se que a adição de albúmen somente, é prejudicial aos parâmetros de resistência à tração, apresentando valores inferiores ao traço de referência (“REF”). Nota-se ainda que o biopolímero traz características positivas à argamassa mas não impacta de forma tão incisiva quanto nos valores de resistência à compressão. Neste caso, a adição determinante para o aumento de resistência à tração é a microssilica, principalmente se combinada ao biopolímero.

A determinação do módulo de elasticidade dinâmico estimada por ultrassom foi realizada conforme a NBR 15630 (ANBT, 2009) e apresentou os resultados descritos na Tabela 14 e demonstrados nas Figuras 60 e 61.

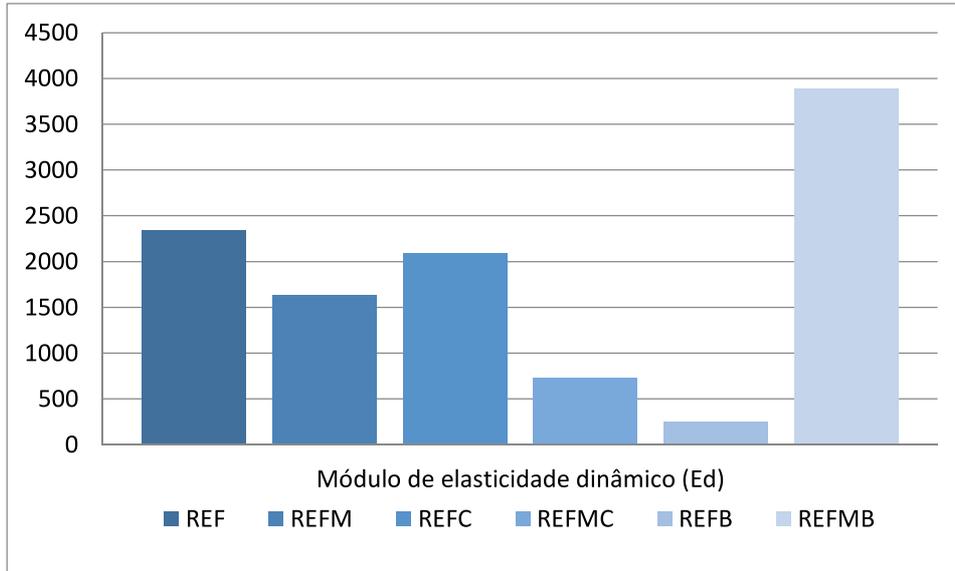
Tabela 14: Valores de elasticidade dinâmica.

Traço	Velocidade do pulso ultrassônico m/s	Ed (MPa)
REF	1365	2338,2
REFM	1240	1634,24
REFC	1325	2095,78

REFMC	790	731,37
REFB	465	253,39
REFMB	1853	3889,13

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Figura 60: Gráfico de módulo de elasticidade dinâmico das argamassas



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Figura 61: Determinação de módulo de elasticidade estimado por ultrassom.



Fonte: A autora (2021).

Quanto ao módulo de elasticidade percebe-se que o aumento de finos na mistura e a relação ligante-areia e ligante-cal aumenta a compactidade da argamassa e diminui o teor de água. Isso proporciona aumento no módulo de elasticidade que é percebido principalmente no traço REFMB, com a adição de microsilica e biopolímero.

### 5.3 ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE, ABSORÇÃO POR IMERSÃO E MICROSCOPIA

A absorção por capilaridade nas argamassas foi determinada segundo a NBR 9779 (ABNT, 1994) com os corpos de prova secos em estufa para determinação precisa de sua massa seca, conforme verificado na Figura 62. Posteriormente, após o contato da base dos corpos de prova com a água, foi realizada aferição da massa úmida em intervalo mínimo de 5 minutos onde a variação de massa e a velocidade da absorção é maior, até o período máximo de 24 horas, onde o corpo de prova encontra-se saturado e não há mais variação expressiva de massa, conforme explicitado na Tabela 15.

Figura 62: Secagem dos corpos de prova na estufa.



Fonte: A autora (2021).

Tabela 15: Massa dos corpos de prova após serem submetidos ao contato com a água.

Traço	Massa dos corpos de prova (g)									
	0	5 min	10 min	30 min	60 min	90 min	180 min	300 min	360 min	24 horas
REF	321,41	329,41	335,62	341,3	346,2	352,85	364,75	370,78	371,95	373,61
REFM	272,66	290,72	299,63	307,62	314,19	322,42	334,9	337,59	338,03	340,68
REFC	306,24	321,97	330,09	338,98	346,74	356,67	361,15	361,63	361,76	362,79
REFMC	300,63	312,64	318,6	324,45	329,1	333,85	341,7	348,69	351,8	368,27
REFB	313,55	319,35	329,16	335,05	339,36	344,42	353,8	358,07	359,47	361,9

REFMB	290,57	299,69	303,22	306,6	309,36	312,45	317,08	320,53	322,2	335,23
-------	--------	--------	--------	-------	--------	--------	--------	--------	-------	--------

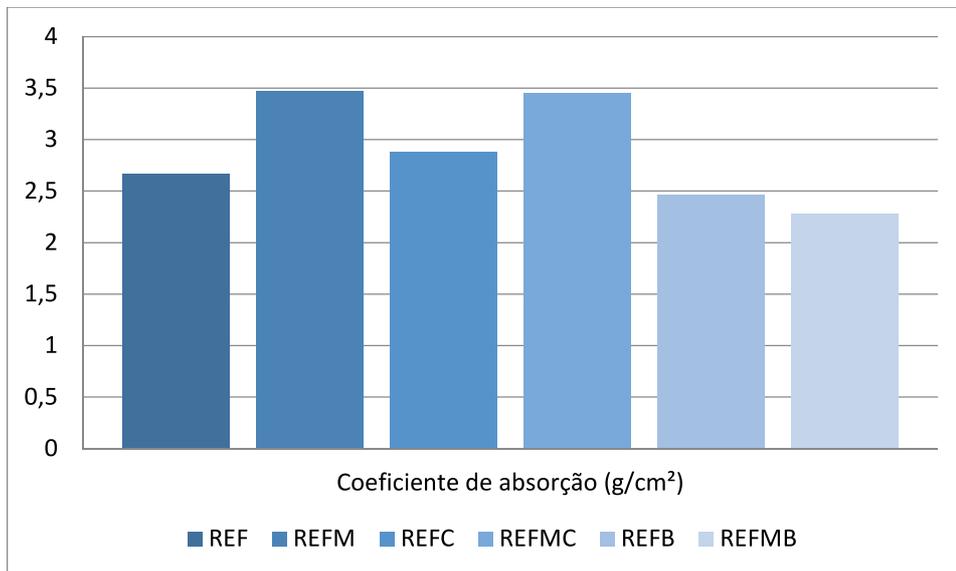
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Tabela 16: Coeficiente de absorção por capilaridade das argamassas testadas.

Traço	Coeficiente de absorção por capilaridade (g/cm <sup>2</sup> )
	REF
REFM	3,465987261
REFC	2,881528662
REFMC	3,446624204
REFB	2,463694268
REFMB	2,27566879

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Figura 63: Gráfico de coeficiente de absorção das argamassas testadas.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

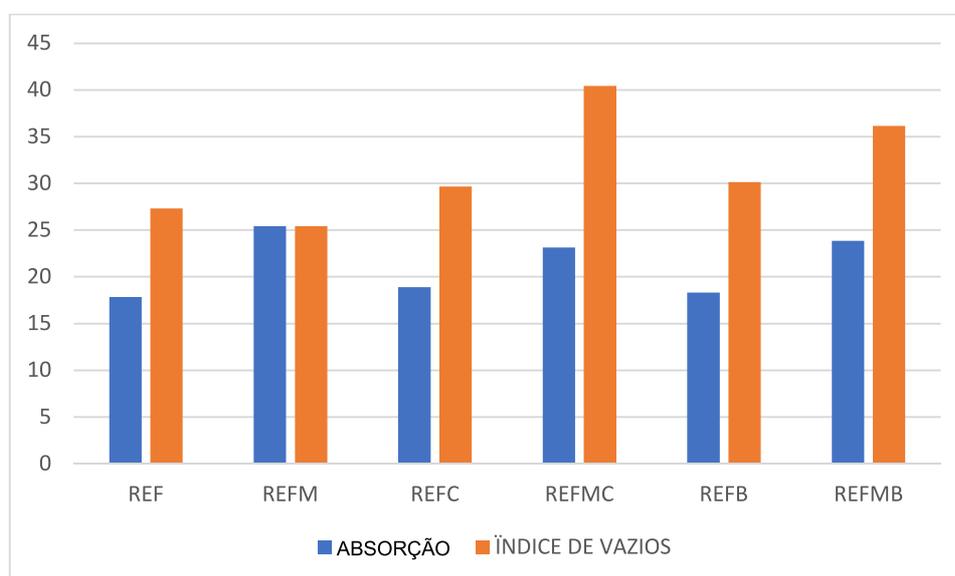
A absorção por imersão das argamassas foi mensurada segundo a NBR 9778 (ABNT, 2005), com os corpos de prova imersos em água seguida de aferição de sua massa em períodos de 12, 24 e 72 horas. Os resultados estão descritos na Tabela 17.

Tabela 17: Absorção por imersão e porosidade das amostras

Amostra	Absorção por imersão (%)	Porosidade (índice de vazios) (%)
REF	17,85% (CV=4,36%)	27,31 (CV = 12,99%)
REFM	25,41% (CV = 1,01%)	25,42 (CV = 3,67%)
REFC	18,9% (CV = 2,80%)	29,67 (CV = 5,99%)
REFMC	23,14% (CV = 3,03%)	40,45 (CV = 14,11%)
REFB	18,31% (CV = 6,77%)	30,15% (CV = 0,47%)
REFMB	23,86% (CV= 8,75%)	36,14 (CV = 8,66%)

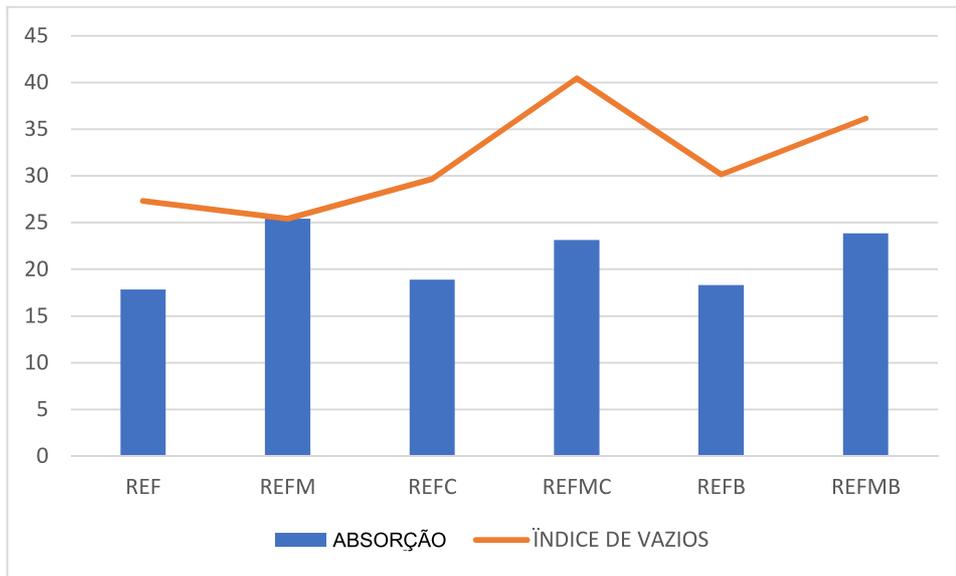
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Figura 64: coeficiente de absorção e índice de vazios das amostras



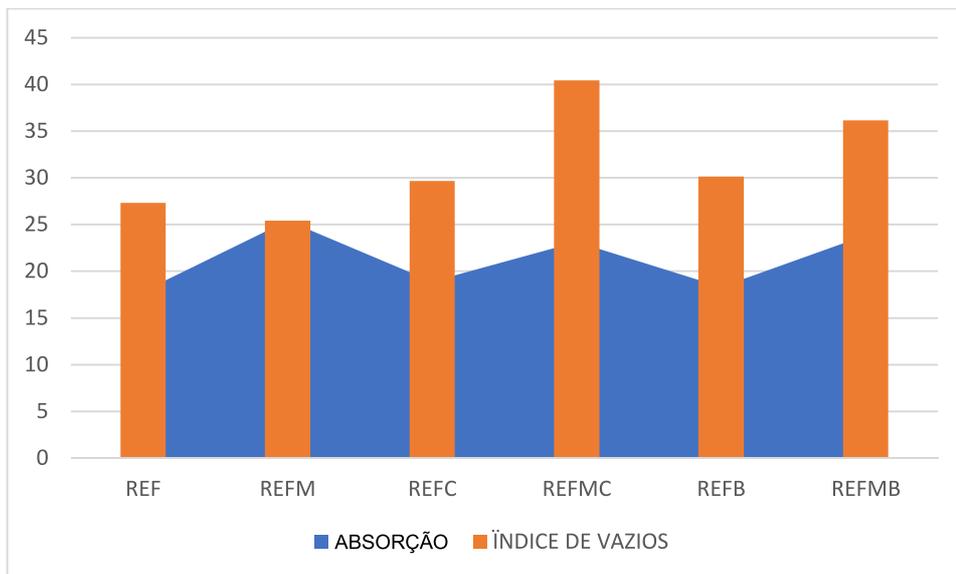
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Figura 65: Coeficiente de absorção e índice de vazios das amostras



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Figura 66: Coeficiente de absorção e índice de vazios das amostras



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Analisando-se os gráficos e dados obtidos sobre a absorção por capilaridade e por imersão, constata-se que:

- i) a adição de microssílica nas misturas estudadas resultou num incremento de absorção de água nas misturas, apesar de ocasionar o aumento da resistência a compressão;
- ii) As misturas com clara de ovo em neve apresentam maior índice de vazios decorrente do próprio material mas a absorção se mantém pouco altera em relação

ao traço de referência, contrariando o exposto por Mydin (2017) tal fato poderá ser justificativo pela origem da proteína, tipo de ave.

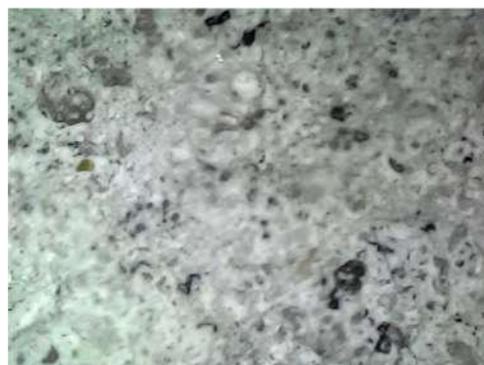
- iii) O aumento da porosidade (índice de vazios) está relacionado com o teor de cal empregado, segundo Souza *et al* (2020) a cal possibilita a formação de poros abertos devido a demanda de água, incluindo nesse, o empenho da clara que incrementa esses poros, bem com do biopolímero. Tais materiais associados ao emprego de microssilica, o que está relacionado com o empacotamento dos grãos dos materiais constituintes da argamassa. A diferença na composição e estrutura das amostras pode ser verificada nas imagens obtidas por microscópio indicadas nas Figuras 67 a 72.

Figura 67: Microscopia da amostra REF



Fonte: A autora (2021).

Figura 68: Microscopia da amostra REFM



Fonte: A autora (2021).

Figura 69: Microscopia da amostra REFC



Fonte: A autora (2021).

Figura 70: Microscopia da amostra REFMC



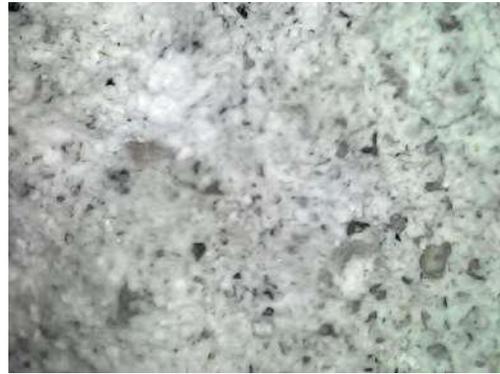
Fonte: A autora (2021).

Figura 71: Microscopia da amostra REFB



Fonte: A autora (2021).

Figura 72: Microscopia da amostra REFMB



Fonte: A autora (2021).

Segundo Hassan (2013) e Haddad *et al* (2020) é necessário o estudo do empacotamento das partículas do agregado a fim de favorecer a zona de transição e minimizar o efeito “filler” que consiste na diminuição da porosidade total da argamassa devido ao preenchimento dos vazios de empacotamento. Sendo assim, o aumento da porosidade está relacionado ao aumento de finos, ou seja, a relação de finos/agregado.

Conclui-se então que a adição de microssílica, albumem e k-caseína se mostram benéficas para argamassas de cal proporcionando, de acordo com as proporções e combinações, melhora nas propriedades mecânicas das amostras, principalmente no que tange a resistência à compressão. Segundo Mydin (2017) e Jasiczak (2006) isso pode estar ligado ao fato de que a utilização de proteínas no preparo das argamassas proporciona intensa entrada de ar, tendo por consequência a formação de mais poros. Este aumento de vazios permite a entrada de mais CO<sub>2</sub> o que contribui diretamente para maior rapidez no processo de carbonatação. No caso específico do uso da k-caseína e do complexo de proteínas do soro do leite, Ventolà (2011) indica que este contribui para a formação de cristais de aragonita circulares, que melhoram a consistência do traço e explicam o aumento da resistência a compressão.

Além disso, todas as adições são componentes sustentáveis uma vez que a microssílica consiste em um rejeito de mineração e a k-caseína é oriunda de leite impróprio para consumo. No caso do albúmen, devido às limitações da pesquisa, foram utilizados ovos em perfeito estado de conservação, porém é válida a extensão da pesquisa para análise de resultados com ovos inservíveis para consumo humano.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como medida corretiva para os problemas oriundos da sobrecarga do telhado pode-se substituir o engradamento de madeira por um metálico, promovendo o alívio da estrutura, maior durabilidade da peça (com as manutenções preditivas adequadas), e menor custo. No entanto, neste caso, interfere-se na materialidade e autenticidade do bem, podendo-se como alternativa consonante à tais critérios, manter a estrutura de madeira fazendo os enxertos e reparos necessários, desde que a alvenaria portante tenha sua capacidade estática reestabelecida.

Para restauração do forro de estuque é preciso realizar uma análise granulométrica e definir se há a necessidade de pré-consolidação. Caso haja essa demanda, deve-se realizar o procedimento com aplicação de hidróxido de bário [BA(OH)<sub>2</sub>] ou injeção de pasta de cal e fibra vegetal nas fissuras. Não sendo necessária a realização desta etapa, prosseguir com a restauração do madeiramento estrutural do estuque. Para sua re-fixação indica-se a utilização de resina de poliéster e manta de fibra de vidro devido à segurança, leveza e durabilidade de tais materiais.

Considerando-se o exposto tem-se que a edificação apresenta graves problemas estruturais causados pelo recalque da fundação e sobrecarga devido à distribuição disforme dos esforços da cobertura. De acordo com a monitorização por meio dos testemunhos de gesso colocados nos pontos críticos, praticamente todas as fissuras estão aparentemente consolidadas (passivas), com exceção da fenda situada no altar mor que é considerada ativa devido à movimentação sazonal constatada.

Sendo assim faz-se necessário recuperá-las promovendo sua vedação, reforço e eliminando pontos de infiltração de água por meio de injeção de materiais com aderência e resistência compatíveis aos existentes, mas que sejam flexíveis, como por exemplo, resinas especiais de Poliuretano. A indicação desta técnica, em detrimento da utilização de argamassa forte de cal e areia (materiais usualmente aplicados em intervenções em patrimônio) justifica-se por conta da dimensão das aberturas das trincas, da eficiência do produto, da garantia da durabilidade da intervenção, e do reestabelecimento da capacidade de carga da alvenaria.

Além disso, a aplicação de injeção de poliuretano é uma alternativa de intervenção de reparo estrutural menos incisiva, se comparado, por exemplo, ao grampeamento, que seria a outra técnica indicada neste caso. No entanto, baseando-se no critério da mínima intervenção, busca-se preservar o máximo possível a materialidade do bem, e desta forma a solução

indicada é mais interessante, pois permite a mitigação do dano e facilita o restauro da argamassa de revestimento em saibro e das pinturas parietais, que é imprescindível.

Deve-se conhecer as principais propriedades das argamassas no estado fresco quanto à trabalhabilidade e retenção da água, que resultam nas propriedades do estado endurecido como forma eficaz de evitar alguns erros grosseiros que resultam em reaparecimento das manifestações patológicas. Ao longo do tempo, independente do tipo do material ou do uso à que se destina, deve-se exigir sempre as mesmas funções básicas das argamassas: unir; vedar; regularizar e proteger. Para tanto, faz-se necessária a especificação da espessura e de um traço que garanta durabilidade da edificação, além da utilização de materiais livre de impurezas (BARBOSA, 2011), podendo-se utilizar algum dos traços aqui apresentados, considerando-se a viabilidade da aplicação.

Para evitar novas movimentações na fundação faz-se extremamente necessário recompor os elementos de alvenaria protetores do embasamento da edificação, promover drenagem superficial para as águas pluviais por meio de canaletas alocadas por todo o perímetro do bem e manter restrições ao tráfego de veículos pesados nas proximidades da capela, evitando a vibração.

Todas as paredes externas deverão ter seu barrado em chapisco removido, receber aplicação de argamassa a base de cal (cujo traço deverá ser verificado por meio de ensaios em laboratório) e duas demãos de tinta de silicato de potássio na cor branca. Esse tipo de material permite a evaporação do vapor d'água, mas forma uma película transparente e até certo ponto hidrofugante que torna a pintura mais duradoura e resistente à umidade.

Entendendo-se as peculiaridades de uma obra de restauro no que diz respeito à especificidade de mão de obra, prazo para sua conclusão e especificamente no caso de edificações religiosas, a angariação de recursos para sua realização, faz-se necessária a projeção das intervenções essenciais a curto, médio e longo prazo.

## **7. IMPACTOS ESPERADOS E SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS**

Quanto aos impactos, espera-se primeiramente que a pesquisa desenvolvida sirva de subsídio para o real projeto de restauração da Capela de Santa Teresinha, possibilitando-se a aplicação prática das diretrizes sustentáveis apresentadas. Conseqüentemente, a médio e longo prazo, o restauro da edificação representa a retomada de valores de identidade, pertencimento e memória coletiva da comunidade em relação ao bem, que haviam sido comprometidos

devido ao estado de abandono em que ao longo do tempo o mesmo foi sendo deixado. Sendo assim, possibilita-se a retomada de seu papel enquanto símbolo da história do bairro e como elemento importante nas celebrações que marcam a vivência coletiva da religiosidade não só para a comunidade, mas para a cidade de Juiz de Fora como um todo.

Outro impacto esperado é o avanço no campo científico, teórico e prático das intervenções em patrimônio histórico, difundindo-se que no que tange a suposta dicotomia entre tomar como balizadores os aspectos de materialidade e autenticidade do bem ou promover intervenções mais sustentáveis, eficientes e seguras, o emprego de técnicas contemporâneas possibilita a convergência dos dois princípios.

Visando a continuidade da pesquisa sugere-se o aprofundamento nos ensaios realizados a fim de melhor caracterizar as adições de argamassa testadas no presente trabalho, bem como analisar o comportamento das adições em argamassas à base de cal e saibro, material comumente encontrado em edificações históricas, possibilitando assim, o aprofundamento na formulação de argamassas de restauro sustentáveis, eficientes e compatíveis com as preexistências.

## REFERÊNCIAS

ALMÁS, A.-J.; LISØ, K.; HYGEN, H.; FLYEN, C. *et al.* An approach to impact assessments of buildings in a changing climate. **Building Research & Information**, [s. l.] n. 39, p. 227-238, 2011.

ARAÚJO, Guilherme Maciel. Os valores do patrimônio cultural. Uma contribuição teórica para as políticas de conservação. **Arquitextos**, São Paulo, ano 13, n. 145.00, Vitruvius, jun. 2012. Disponível em: <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/13.145/4387>. Acesso em 20 mar. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Elaboração. Rio de Janeiro. ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Elaboração. Rio de Janeiro. ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Elaboração. Rio de Janeiro. ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade. Elaboração. Rio de Janeiro. ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro. ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15630**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade

dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica Elaboração. Rio de Janeiro. ABNT, 2009.

AURELIO, Claudio Rogerio; SCALABRINI, Marina Veiga. Patrimônio e cidade. "Sobrevivências" do passado em Ribeirão Pires. **Arquitextos**, São Paulo, ano 04, n. 048.07, Vitruvius, maio 2004. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.048/587>. Acesso em 23 mar. 2020.

BALLART, Josep. El Patrimonio Histórico y Arqueológico: Valor y Uso, Barcelona, Ariel Patrimonio Histórico. [S. n.: s. l], 1997.

BARACHO, A. S. B. **Patrimônio sustentável: reflexões sobre as melhores práticas anglo-saxônicas**. 2013. Dissertação (Dissertação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) – UFMG, Belo Horizonte, p. 27, 2013.

BARBOSA, Maria Teresa; et. al. Patologias de Edifícios Históricos Tombados. Estudo de Caso – Cine Teatro Central. **Arquitextos**, São Paulo: Vitruvius, ano 11, n. 128.05, 2011. Disponível em: <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.128/3720>. Acesso em: 1 out. 2020.

BARBOSA, M. T. G.; SILVA, B. C. P.; OLIVEIRA, H. M.; FIDELIS, P. A Importância da sustentabilidade na restauração do patrimônio histórico. Estudo de caso: Pontes. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 10, p. 1-9, 2018.

BARRANHA, H. **Patrimônio cultural: conceitos e critérios fundamentais**. Lisboa: 2016.

BARTHLER-BOUCHIER, D. **Cultural Heritage and the Challenge of Sustainability**. Left Coast Press; Walnut Creek, 2013.

BAUER, E. "Condicionantes das medições termográficas para avaliação de temperatura em fachadas." In: X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Fortaleza, 2013. **Anais... SBTA**. Fortaleza, 2013.

BERGE, B. **The Ecology of Building Materials**. 2ª ed. Oxford: Architectural Press, 2009.

BERG, F.; FUGLSETH, M. Life cycle assessment and historic buildings: energy-efficiency refurbishment versus new construction in Norway. **Journal of Architectural Conservation**, [s.l.], v. 24, n. 2, p. 152-167, 2018.

BOITO, Camillo. **Os restauradores**; trad. Beatriz Mugayar Kühl. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

BRANDI, C. **Theory of restoration**. Roma: Istituto centrale per il restauro ; Firenze : Nardini, 2005.

BULLEN, A. P. Adaptive reuse and sustainability of commercial buildings. **Facilities**, 25, n. 1/2, p. 20-31, 2007.

CABRAL, R. C. A dimensão urbana do patrimônio na Carta de Atenas de 1931. As contribuições da delegação italiana. **Arquitextos**, São Paulo, n. 179, maio 2015. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/15.179/5531>. Acesso em: 25 mar. 2020.

CASTRIOTA, L.B. **Patrimônio cultural: conceitos, políticas, instrumentos**. São Paulo, Annablume, 2009.

CAPMAS, A. Prólogo: Concreto e desenvolvimento sustentável. In: OLLIVIER, J.P; VICHOT, A. (Org.). *Durabilidade do concreto – Bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente*. São Paulo: Ibracon, 2014.

CHAUÍ, M. D. S. Política cultural , cultura politica e patrimonio historico. *In: Direito a Memoria: Patrimonio Historico e Cidadania*: Departamento do Patrimonio Historico, 1992.

CHOAY, F. **A alegoria do patrimônio**. São Paulo: Editora UNESP, 2001.

CUNHA, Cláudia dos Reis e. Alois Riegl e o culto moderno dos monumentos. **Resenhas online**, Vitruvius, 2006. Disponível em: <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/resenhasonline/05.054/3138>. Acesso em: 04 de Junho de 2020.

DUARTE, R.B. **Fissuras em alvenaria: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Porto Alegre: CIENTEC, Boletim técnico n.25, 1998.

ELEFANTE, C. Historic preservation and sustainable development: lots to learn, lots to teach, APT Bulletin, [S.l.: s.n], 2005.

ENGLISH HERITAGE. *Conservation Principles. Policies and Guidance for the sustainable management of the Historic Environment*. [S. l.: s. n.], 2008.

ESTEVES, A. **Álbum do Município de Juiz de Fora**. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1915.

EVANGELISTA, A.R. **Relação entre resistência à compressão do concreto endurecido e a corrente elétrica no estado fresco**. 2009. 71 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.

FALORCA, J. G. F.; LANZINHA, J. C. G. A utilização de drones como ferramenta tecnológica emergente para a inspeção técnica da envolvente de edifícios: revisão e ensaio de campo. Congresso Construção 2018 – Reabilitar e construir de forma sustentável. **Anais...FEUP**, Porto, 21-23 nov. 2018.

FAZOLATTO, D. **Juiz de Fora: imagens do passado**. 4 ed. Juiz de Fora: Panorama, 2007.

FRANCO, G. Sustainability and heritage: from a case study, new horizon of research. **TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment**, n.8, 2014, p.190-197. Disponível em: <https://doi.org/10.13128/Techne-15074>. Acesso em 12 abr. 2020.

GUIMARÃES, José Epitácio Passos. **A cal - fundamentos e aplicações na engenharia civil**. [2. ed., rev. atual. e ampl.]. [São Paulo: Pini, 2002]. p.237.

HAMMOND, G.; JONES, C. *Inventory of carbon and Energy (ICE) Version 1,6a*. [S. l.: s. n.], 2008.

ICOMOS. **Carta de 2003**: Recomendações para análise, conservação e restauro estrutural do patrimônio arquitetônico. Tradução Antônio de Borja Araújo, Zimbabwe. ICOMOS, 2006.

ICOMOS. Conselho Internacional de Monumentos e sítios. Carta de Veneza. Veneza, 1964.

INNOCENCIO, C.; JACQUES, F. M. T. O Inventário Como Forma De Tutela Do Patrimônio Material De Juiz De Fora. In: CONGRESSO MINEIRO DE DIREITO DO PATRIMONIO CULTURAL, 01., 25 e 26 de outubro de 2018, Ouro Preto. **Anais... CMDP**. Ouro Preto: Katzen Editora, 2019. p. 185-196.

INSTITUTO DE ARQUITETOS DO BRASIL. **Carta De Ouro Preto**. Ouro Preto. IAB. 1992.

JALALI, S.; TORGAL, F. P. A. Sustentabilidade Dos Materiais De Construção. [s. l.], Publindustria, 2010.

JASICZAK, J.; ZIELINSKI, K. Effect of protein additive on properties of mortar. 2006, 28, 451-457.

JUIZ DE FORA. Prefeitura de Juiz de Fora. **Processo Nº 4556-97. Tombamento de imóvel à rua Coronel Miranda, s/nº - Capela de Santa Teresinha**. Requerente: Comissão Permanente Técnico-cultural. Interessado: Capela de Santa Teresinha. Juiz de Fora, v. 01, 1997.

KANAN, Maria Isabel. **Manual De Conservação E Intervenção Em Argamassas E Revestimentos À Base De Cal**. Brasília, DF :. 172 p. Iphan / Programa Monumenta, 2008.

KHOSHNAVA, S. M.; ROSTAMI, R.; VALIPOUR, A.; ISMAIL, M. *et al.* Rank of green building material criteria based on the three pillars of sustainability using the hybrid multi criteria decision making method. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], n. 173, p. 82-99, 2018.

KOHLER, N.; HASSLER, U. Alternative scenarios for energy conservation in the building stock. *Building Research and Information - Building Res Inform*, [S. l.: s. n.], n.40, p. 401-416, 2012.

KÜHL, B. M. Notas sobre a Carta de Veneza. **Museu Paulista: História e Cultura Material**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 287-320, dez. 2010. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/anaismp/article/view/5539/7069>. Acesso em: 25 mar. 2020.

KUHL, Beatriz Mugayar. Viollet-le-Duc e o verbete restauração [Apresentação]. **Restauração**. [S.l: s.n.], 2000.

LARSEN, K. E.; MARSTEIN, N. **Conservation of Historic Timber Structures: An Ecological Approach**. Butterworth-Heinemann, [s. l.], 2000.

LEITE, C.L.A. **Estrutura de um plano de manutenção de edifícios habitacionais**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, 2009.

- LERMA C.; MAS A.; GIL E.; VERCHER J.; PEÑALVER M. Pathology of building materials in historic buildings. Relationship between laboratory testing and infrared thermography. **Materiales de Construcción**. [s. l.], n. 64, p. 313, 2014.
- LIMA, E. M.; FERNANDES, R. T. V.; DANTAS, S. L. Quantificação de CO2 emitido decorrente dos materiais empregados na construção de uma residência unifamiliar. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2018. Maceió, 2018. **Anais...CONTECC'2018**. Maceió, 2018.
- LISBOA, C. K.; BARROS, M. V. F. A pegada ecológica como instrumento de avaliação ambiental para a cidade de Londrina, **Confins**, n. 8, 2010, Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/6395>. Acesso em 08 jun. 2020.
- LIU, H.; LIN, B. Ecological indicators for green building construction. **Ecological Indicators**, [s.l.] n. 67, p. 68-77, 2016.
- LOPES, T.J.O.L.P. **Fenômenos de pré-patologia em manutenção de edifícios**: aplicação ao revestimento ETICS. 2005. 346 p. Dissertação (Mestrado em Reabilitação do Patrimônio Edificado) – Universidade do Porto, Porto, 2005.
- MÀRIA, M.; SALVADÓ, N. Conservation Of The Urban Heritage And Sustainability: Barcelona as a Paradigm. **Energy Procedia**, n.115, p. 29-40, 2017.
- MORILLAS, H.; VAZQUEZ, P.; MAGUREGUI, M.; MARCAIDA, I. *et al.* Composition and porosity study of original and restoration materials included in a coastal historical construction. **Construction and Building Materials**, [s. l.], n. 178, p. 384-392, 2018.
- MYDIN, M. Preliminary Studies on the Development of Lime-based Mortar with Added Egg White. **International Journal of Technology**, v.8, p.800-810, 2017.
- NOGUEIRA, W.R.M. **Caracterização do estado de degradação dos elementos interiores de edifícios escolares em serviço**. 2013. 202 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Militar) – Instituto Superior Técnico Lisboa, Lisboa, 2013.
- NORRSTRÖM, H. Sustainable and Balanced Energy Efficiency and Preservation in Our Built Heritage. **Sustainability**, [s. l.], v.5, p. 2623-2643, 06/01 2013.
- OLIVEIRA, Sidney T. **Ferramentas para o aprimoramento da qualidade**. 1. ed. São Paulo: Thomson Pioneira, 1995.
- PASCHOALIN, R. F.; BARBOSA, M. T. G. Restauração da catedral de Brasília: desafios e conflitos da restauração da arquitetura moderna. **Conservar Patrimônio**, 18, p. 45-53, 2013.
- PENTEADO, F. C.; FABRIANI, C. B.; FRANCO, L. F. D. R. Patrimônio Cultural, Desenvolvimento Sustentável E Cidadania: O Desafio Das Práticas Preservacionistas. **Revista Direitos Culturais**; v. 8, n. 14, 2013.
- REDDY, B.; JAGADISH, K. Embodied energy of common and alternative building materials and technologies. **Energy and Buildings**, [s. l.], v.35, p.129-137, 2003.

RIEGL, Alois. **O Culto Moderno dos Monumentos e Outros Ensaios Estéticos** (trad. Portuguesa), Lisboa, Edições 70, 2013.

ROUGEAU, P.; GUIRAUD, P. A durabilidade no contexto normativo europeu. In: OLLIVIER, J.P; VICHOT, A. (org.). Durabilidade do concreto – Bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente. São Paulo: Ibracon, 2014.

RUSKIN, John. **A Lâmpada da Memória** (Trad.Odete Dourado). Salvador: Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Pretextos, série b, Memórias, 2. UFBA, 1996.

SANTOS, Carlos Nelson F. dos. "Preservar não é tomar, renovar não é pôr tudo abaixo". **Revista Projeto**, n. 86, São Paulo, Abril, 1986.

SOUZA, A.; CALDAS, R.; LUDVIG, P.; SANTOS, W. The effects of mixture's components on the mechanical properties and durability indicators of mixed mortar using simplex network method. **Construction and Building Materials**, v. 249, 2020.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

TORRES, J.V.S. **Manutenção técnica de edifícios: Vão exteriores: portas e janelas**. 2009. 179 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, 2009.

VEIGA, Maria do Rosário. Argamassas para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes. In: Anais 3º ENCORE – Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: LNEC, 2003.

VEIGA, R., “Air lime mortars: What else do we need to know to apply them in conservation and rehabilitation interventions? A review”, **Construction and Building Materials**, v.157, pp.132-140, Dec., 2017

VENTOLÀ, L.; VENDRELL, M.; GIRALDEZ, P.; MERINO, L. Traditional organic additives improve lime mortars: New old materials for restoration and building natural stone fabrics. **Construction and Building Materials**, v. 25, p. 3313-3318, 2011.

VIOLLET-LE-DUC, Eugène Emmanuel. **Restauro**. Salvador: Mestrado em arquitetura e Urbanismo da UFBA, 1994. Tradução, Apresentação e Notas: Odete Dourado.

WELLINGTON, U. Of. Table of embodied energy coefficients. Centre for Building Performance, [s. n.], 2005.

ZANIRATO, S. Patrimônio cultural e sustentabilidade: uma associação plausível?. **Revista Confluências Culturais**, v. 5, n. 2, 2016.