

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE
CAMPUS ARACAJU
DIREÇÃO DE ENSINO
COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

CRISTHYANE SILVA MELO DA CRUZ

O USO DE EQUIPAMENTOS NA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS NÃO-VISÍVEIS:
PATOLOGIA - INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

MONOGRAFIA

ARACAJU
2021

CRISTHYANE SILVA MELO DA CRUZ

**O USO DE EQUIPAMENTOS NA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS NÃO-VISÍVEIS:
PATOLOGIA - INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Instituto Federal de
Sergipe como requisito parcial para
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil.

ORIENTADORA: Prof.^a M.^a Louise
Francisca Sampaio Brandão.

ARACAJU

2021

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Geocelly Oliveira Gambardella / CRB-5 1815,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Cruz, Cristhyane Silva Melo da

C955u O uso de equipamentos na detecção de vazamentos não – visíveis:
patologia – instalações de água fria. / Cristhyane Silva Melo da Cruz. -
Aracaju, 2021.

91 f. : il.

Orientadora: Prof.^a M.^a Louise Francisca Sampaio Brandão.
Monografia (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil.) - Instituto
Federal de Sergipe, 2021.

1. Scanner. 2. Vazamento. 3. Termografia. 4. Infiltração. 5. Detector
de Materiais. I. Brandão, Louise Francisca Sampaio. II. Título.

CDU 697.97

Dedico este trabalho aos meus pais e a toda minha família, que fizeram o possível e impossível para que meu sonho fosse realizado.

RESUMO

CRUZ, Cristhyane Silva Melo da. **O USO DE EQUIPAMENTOS NA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS NÃO-VISÍVEIS: PATOLOGIA - INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA**. 90 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2021.

As manifestações patológicas dos sistemas hidráulicos de uma edificação podem causar problemas sérios ao bem-estar e ao psicológico do usuário. Apesar deste fato ser amplamente conhecido na construção civil, os sintomas deste sistema são causados pela negligência dos profissionais ou por erro na execução. Devido à dificuldade de determinação do foco de umidade através de apenas inspeção visual, surge a necessidade de estudos que facilitem o serviço da manutenção corretiva. O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade do uso conjunto da termografia infravermelha com o detector de materiais na detecção de vazamentos não visíveis. Para este trabalho, confeccionou-se quatro protótipos de alvenaria, os quais foram submetidos a infiltração e analisados com ambos os equipamentos. Com base nos dados obtidos, percebe-se que a termografia é eficaz em superfície de revestimentos permeáveis e que o scanner só é confiável caso o vazamento seja interrompido para análise.

Palavras-chave: Scanner. Vazamento. Termografia. Infiltração. Detector de Materiais.

ABSTRACT

CRUZ, Cristhyane Silva Melo da. **O USO DE EQUIPAMENTOS NA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS NÃO-VISÍVEIS: PATOLOGIA - INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA.** 90 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2021.

The pathological manifestations of the hydraulic systems of a building can cause serious problems to the well-being and the psychological of the user. Although this fact is well known in civil construction, the symptoms of this system are caused by the negligence of professionals or by errors in execution. Due to the difficulty in determining the moisture focus through only visual filling, there is a need for studies that facilitate the service of corrective maintenance. The objective of this work is to analyze the feasibility of using infrared thermography together with the material detector in detecting leaks not investigated. For this work, four masonry prototypes were made, which were infiltrated and locked with both equipment. Based on the data obtained, a thermography is effective on the surface of permeable coatings and that the scanner is only reliable if the leak is stopped for analysis.

Keywords: Scanner. Leak. Thermography. Infiltration. Material Detector.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1 — Manchas de Eflorescência próximo ao forro de PVC	31
Figura 3.2 — Gotejamento	32
Figura 3.3 — Mancha de umidade na parede interna	33
Figura 3.4 — Mofo próximo ao forro.....	34
Figura 3.5 — Vegetação no arremate do tubo passante na elevação.....	34
Figura 3.6 — Vesícula formada devido a infiltração.	35
Figura 4.1 — (a) Aglomerante: cimento. (b) Agregado: areia grossa.....	39
Figura 4.2 — (a) Tijolo cerâmico 6 furos. (b) Tijolo maciço de cerâmica.....	39
Figura 4.3 — Instalação da tubulação, em formato de “L”, nos protótipos.	40
Figura 4.4 — Protótipos confeccionados.....	41
Figura 4.5 — Instalação da tubulação de 20 mm nos protótipos.....	41
Figura 4.6 — Execução da abertura no “joelho”. (a) Conexão serrado. (b) Furo na tubulação.....	42
Figura 4.7 — Protótipos finalizados.....	42
Figura 4.8 — Detector D-tect 120 Professional	43
Figura 4.9 — Câmera termográfica modelo FLIR TG165x.....	44
Figura 4.10 — Sistema de abastecimento de água dos protótipos.	45
Figura 4.11 — Medição utilizando a câmera termográfica	46
Figura 4.12 — (a) Localizando os pontos. (b) Marcação dos pontos SP1, SP2 e SP3.	47
Figura 5.1 — Protótipo 01.	48
Figura 5.2 — Imagens do ensaio de termografia: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica.	48
Figura 5.3 — (a) Termografia da 3ª medição – 10 min. (b) Termografia da 9ª medição – 50 min.	49
Figura 5.4 — Representação gráfica da variação de temperatura do Protótipo 01...49	
Figura 5.5 — Scanner – Detector de Materiais (a) Leitura total. (b) Leitura parcial. .50	
Figura 5.6 — Protótipo 02.	52
Figura 5.7 — Imagens do ensaio de termografia: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica.	52
Figura 5.8 — Imagens do protótipo 02: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica.	53

Figura 5.9 — Imagens da 3ª medição: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica. . . .	53
Figura 5.10 — Imagens da 10ª medição: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica. .	54
Figura 5.11 — Imagens da 11ª medição: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica. .	55
Figura 5.12 — Representação gráfica da variação de temperatura do Protótipo 02.	55
Figura 5.13 — Imagens da 12ª medição: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica. .	56
Figura 5.14 — Scanner – Detector de Materiais (a) Leitura total. (b) Leitura parcial.	57
Figura 5.15 — Protótipo 03.	58
Figura 5.16 — Imagens do ensaio de termografia: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica.	58
Figura 5.17 — (a) Termografia da 3ª medição – 10 min. (b) Termografia da 9ª medição – 50 min.	59
Figura 5.18 — Representação gráfica da variação de temperatura do Protótipo 03.	60
Figura 5.19 — Protótipo 04.	61
Figura 5.20 — Imagens do ensaio de termografia: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica.	62
Figura 5.21 — Imagens da após 1 min e 30 s: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica.	63
Figura 5.22 — Imagens da 3ª medição: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica. . .	63
Figura 5.23 — Imagens da 10ª medição: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica. .	64
Figura 5.24 — Imagens da 11ª medição: Câmera termográfica.	64
Figura 5.25 — Representação gráfica da variação de temperatura do Protótipo 04.	65
Figura 5.26 — Imagens da 12ª medição: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica. .	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 — Caracterização dos edifícios x patologias e inconformidades de 24 laudos.....	23
Tabela 3.2 — Pesos relativos nos pontos de utilização	36
Tabela 4.1 — Cronograma das medições	45
Tabela 5.1 — Leituras do Scanner – Detector de Materiais: Protótipo 01.....	51
Tabela 5.2 — Leituras do Scanner – Detector de Materiais: Protótipo 02.....	57
Tabela 5.3 — Leituras do Scanner – Detector de Materiais: Protótipo 03.....	61
Tabela 5.4 — Leituras do Scanner – Detector de Materiais: Protótipo 04.....	66

LISTA DE ABREVEATURA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS.....	19
3	REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1	A RELEVÂNCIA DO ESTUDO DE PATOLOGIAS DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS PARA A QUALIDADE DAS EDIFICAÇÕES.....	20
3.2	CONCEITOS BÁSICOS SOBRE AS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	21
3.3	DURABILIDADE, VIDA ÚTIL DE PROJETO E DESEMPENHO DO SISTEMAS	24
3.4	TIPOS DE MANIFESTAÇÕES PATOLOGICAS DECORRENTES DE FALHAS NOS SISTEMAS HIDRAÚLICOS.	28
3.4.1	Eflorescência.....	30
3.4.2	Gotejamento de água.....	31
3.4.3	Manchas de umidade	32
3.4.4	Mofo ou Bolor	33
3.4.5	Vegetação	34
3.4.6	Vesículas.....	34
3.5	TÉCNICAS NÃO DESTRUTIVAS UTILIZADAS PARA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS.....	35
3.5.1	Teste do Hidrômetro	36
3.5.2	Teste de Sucção	37
3.5.3	Hastes de escutas	37
3.5.3	Geofones.....	37
4	METODOLOGIA	38
4.1	PROTÓTIPOS DO ESTUDO	38
4.1.1	Caracterização dos materiais.....	38
4.1.2	Confecção dos protótipos.....	40
4.2	EQUIPAMENTOS.....	43
4.2.1	Scanner de paredes – Detector de Materiais.	43
4.2.2	Câmera termográfica.	43
4.3	MEDIÇÕES.	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47

5.1	RESULTADOS - PROTÓTIPO 01	47
5.2	RESULTADOS - PROTÓTIPO 02	51
5.3	RESULTADOS - PROTÓTIPO 03	58
5.4	RESULTADOS - PROTÓTIPO 04	61
5.5	DISCUSSÃO	67
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
6.1	CONCLUSÕES.	70
6.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	71
	REFERÊNCIAS.....	73
	APÊNDICE A — RESULTADO DO ENSAIO TERMOGRÁFICO	76
	ANEXO A – CARACTERISTICA DO EQUIPAMENTO: DETECTOR D-TECT 120	
	PROFESSIONAL	89
	ANEXO B – CARACTERÍSTICA DO EQUIPAMENTO: CAMERA TERMOGRÁFICA	
	FLIR TG165X.....	91

1 INTRODUÇÃO

Após a entrega da edificação, os diversos sistemas que a compõe passam a entrar em equilíbrio com os usuários. Entre esses, os Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários são os que mais estão em contato com os usuários, e o seu mau funcionamento gera problemas sérios ao bem-estar físico e psicológico do ser humano. (CONCEIÇÃO, 2008).

O descuido com a execução destes sistemas advém de principalmente no fato de que os sistemas hidrossanitários são embutidos, ficam escondidos no piso ou na parede da edificação, e por tanto são negligenciados pois estão longe “dos olhos” dos proprietários. Somado a isso, em obras residenciais, a manifestação patológica de umidade é recorrente devido a não exigência por parte dos órgãos públicos destes projetos complementares para liberação do alvará de construção, o que leva a acreditar que tal projeto não tem importância na concepção do imóvel.

A negligência profissional e a falta de controle na elaboração do projeto e execução do sistema aumentam a probabilidade de ocorrência de problemas nas edificações e por isso, o conhecimento sobre Patologia torna-se indispensável para qualquer profissional da construção civil (AL ALAM *apud* TERRA, 2016).

Lichtentein (1986) foi um dos primeiros autores do país no estudo da Patologia das Construções a propor um método de análise das manifestações patológicas, bastante utilizado até os dias de hoje. O autor discrimina o passo a passo a ser tomado por um patologista (profissional técnico dedicado ao diagnóstico de manifestações patológicas) na análise de um novo caso. Dentre as etapas do processo, destaca-se a utilização dos sentidos humanos e instrumentos, anamnese do local e pesquisa bibliográfica.

A metodologia de Lichtentein exige a inspeção visual e conhecimento técnico sobre o tema, incluindo o entendimento sobre vários tipos de manifestações patológicas que ocorrem nas edificações.

As manifestações patológicas advindas de vazamentos não se apresentam de forma localizada. Segundo Al Alam (2016), as manchas de umidade, aumentam de acordo com o tempo que superfície está exposta a umidade. Quanto maior o período de exposição maior a dificuldade para localizar a fonte. Devido a isso, a manutenção corretiva destes problemas é usualmente realizada no sistema tentativa e erro, onde

é demolido parte do revestimento na região indicado pelo profissional, o qual deduz ser ali que se encontra o vazamento. Caso esteja equivocado, outra área é demolida e assim é feito sucessivamente até encontrar a foco do vazamento. Tal metodologia causa produção desnecessária de resíduos, atrasa o serviço de manutenção, gera custo adicional com a reexecução do que foi demolido desnecessariamente, além do transtorno e stress ao proprietário.

Tendo em conta o que foi exposto, é oportuno que sejam estudadas novas formas de detecção de focos de umidade a fim de potencializar o diagnóstico, prevendo maior agilidade e confiança na manutenção corretiva de pontos de vazamentos não-visíveis, gerando a economia de gastos financeiros, elevada produtividade e minimizando os danos ao bem-estar do proprietário.

Para a realização deste estudo, fez-se necessária a construção de protótipos de alvenaria com revestimentos diferentes, com a finalidade de simular ao máximo às situações reais de vazamentos não visíveis.

2 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência do uso conjunto da termografia infravermelha e o scanner- detector de materiais, na localização e detecção de vazamento não visíveis em paredes de vedação.

A partir do principal objetivo enumera-se alguns objetivos específicos:

- a) Identificar as manifestações patológicas causadas pelos vazamentos nas edificações e metodologias de diagnósticos destes sintomas;
- b) Realizar procedimento para investigação de painéis de vedação, através da câmera termográfica e do detector de materiais, para diagnosticar e determinar o local de origem dos vazamentos não visíveis, em protótipos de alvenaria cerâmica.
- c) Analisar a influência da tipologia construtiva das elevações, assim como a camada de revestimento executada nas leituras dos equipamentos durante a infiltração.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A RELEVÂNCIA DO ESTUDO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS PARA A QUALIDADE DAS EDIFICAÇÕES

Segundo JÚNIOR (2014), uma instalação predial hidráulica tem como objetivo fazer a distribuição de água, em quantidade suficiente e sob pressão adequada a todas as peças de utilização e aparelhos sanitários da edificação, promover a coleta das águas pluviais, criando desta forma condições favoráveis ao conforto e segurança dos usuários.

O sistema hidráulico predial consiste, principalmente nos subsistemas de instalação de água fria e água pluvial. Uma instalação predial de água fria (temperatura ambiente) constitui-se do conjunto de tubulações, equipamentos, reservatórios e dispositivos, destinados ao abastecimento dos aparelhos e pontos de utilização de água da edificação (JÚNIOR, 2014).

Já a instalação predial de água pluvial, é caracterizada por NETTO *et al* (1998) como o sistema que coleta e encaminha águas de chuva que caem nas coberturas e áreas livres, não considerando áreas descobertas de grande extensão pertencentes a uma mesma propriedade, que devem ser esgotadas segundo os critérios de drenagem urbana.

De acordo com JÚNIOR (2018), devido às instalações do edifício geralmente executadas embutidas nas paredes, os profissionais técnicos nunca deram a devida importância ao projeto destas, criando assim o vício de executar uma obra sem os projetos complementares, como o projeto das instalações de água fria.

Segundo o item 6.2 da NBR 5626/2020 – Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as instalações devem ser projetadas de modo que, durante a vida útil do edifício, atendam aos seguintes requisitos:

- Os componentes do sistema não devem alterar a potabilidade da água, mantendo a qualidade fornecida pela concessionária local;
- O fornecimento de água deve ser contínuo em quantidade adequada e compatíveis com o funcionamento do projeto;
- Possibilitar manutenção fácil e econômica;

- Minorar a ocorrência de manifestações patológicas;
- Evitar níveis de ruídos inadequados à ocupação dos ambientes;

Além disto, a partir do início de sua ocupação ou utilização, uma edificação fica sujeita ao processo natural e progressivo de obsolescência em seus sistemas prediais hidráulicos e sanitários originais, causado por múltiplos fatores. Entre estes constam manutenção deficiente ou irregular, falhas nos componentes, processos de desgaste ou envelhecimento natural dos materiais utilizados e condições de exposição inadequadas (TEIXEIRA, REIS, GNIPPER, & MONTEIRO, 2011).

Segundo Teixeira *et al* (2011), apesar das manifestações patológicas dos sistemas hidráulicos do edifício não oferecerem sérios riscos à vida ou à saúde dos seus usuários, elas costumam afetar o psicológico, causando irritabilidade e desconforto associado aos sintomas comuns de suas manifestações. São exemplos de tais anomalias: vazamentos, ruídos ou obstruções frequentes em tubulações, mau cheiro e refluxos em sistema prediais de esgoto sanitário e de águas pluvias, insuficiência de pressões e vazões nos aparelhos sanitários, oscilações na temperatura de utilização de água quente, entre outros.

Segundo Amorim (1989) *apud* Teixeira e outros (2011), apesar dos sistemas prediais hidrossanitários serem os mais utilizados pelos usuários, as manifestações patológicas decorrentes deste são as menos pesquisadas, mas cujos dados são essenciais para a melhoria da qualidade de vida.

3.2 CONCEITOS BÁSICOS SOBRE AS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS

Segundo Júnior (2018), as manifestações patológicas recorrentes em edificações prediais derivam, em quase sua maioria, de vícios construtivos, defeitos e danos provocados durante o projeto e/ou execução das instalações prediais de água.

Ainda de acordo com Júnior (2018), o desprezo às recomendações das normas pertinentes ao projeto e execução dos sistemas hidráulicos prediais, bem como a má qualidade dos materiais utilizados na construção do edifício e da mão de obra, aliadas à eventual negligência dos construtores, podem ocasionar vícios e defeitos construtivos, e conseqüentemente, danos ao usuário da edificação.

O item 3.75 da ABNT NBR 13752/1996 – Perícias de engenharia na construção civil, define vício construtivo como:

3.75 Vícios – Anomalias que afetam o desempenho de produtos ou serviços ou os tornam inadequados aos fins a que se destinam, causando transtornos ou prejuízos materiais ao consumidor. Podem decorrer de falha de projeto ou execução, ou ainda da informação defeituosa sobre a utilização ou manutenção.

Analizando o item 7.28 da Norma brasileira NBR 13752/1996, percebe-se a sutil diferença entre vícios e defeitos construtivos, onde os defeitos podem causar danos efetivos ou representar um potencial ameaça de afetar a saúde ou segurança ao usuário da edificação, contrariamente a presença de vícios, no qual a sua existência causa apenas desconforto e insatisfações aos usuários.

De acordo com o artigo apresentado por Gnniper e Milkado Jr. (2007) no VII Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, foram realizadas diversas perícias em instalações hidráulicas prediais, onde foram selecionados 24 edifícios residenciais da cidade de Curitiba, de idades diferentes, cujos laudos técnicos apresentaram certas manifestações patológicas recorrentes, das quais grande parte poderá ser evitada em edifícios ainda em fase de projeto e construídos.

A Tabela 3.1 quantifica a frequência de existência de inconformidades presentes e manifestações patológicas nesses empreendimentos, subdividas em água fria (AF), água quente (AQ), combate a incêndio (INC), gás liquefeito de petróleo (GAS), esgoto sanitário (ESG) e águas pluviais (AP). Na coluna outro, são apontadas as recorrências de sintomas e inconformidades não relativas a esses subsistemas, porém associadas às tubulações como um todo.

Tabela 3.1 — Caracterização dos edifícios x sintomas e inconformidades de 24 laudos.

Edifícios periciados	Ano da ocupação	Anos em uso até a perícia	Nº de pavimentos	Número de itens sintomas/inconformidades existentes							
				AF	AQ	INC	GAS	ESG	AP	OUTRO	TOTAL
Edif. 1	1965	38	06	15	02	03	02	02	02	03	29
Edif. 2	1984	17	23	13	02	01	03	04	-	04	27
Edif. 3	1985	17	24	10	04	-	04	19	07	04	48
Edif. 4	1986	14	17	12	05	01	04	20	03	03	48
Edif. 5	1989	16	09	22	05	-	08	20	09	02	66
Edif. 6	1992	09	21	08	01	-	-	07	02	02	20
Edif. 7	1995	08	16	20	-	02	02	13	09	03	49
Edif. 8	1995	08	18	30	-	02	-	19	11	03	65
Edif. 9	1996	08	20	14	06	-	09	11	06	03	49
Edif. 10	1997	05	07	21	10	-	06	20	12	03	72
Edif. 11	1997	04	22	10	-	-	01	12	01	-	24
Edif. 12	1998	04	22	27	01	01	08	18	08	04	67
Edif. 13	1998	06	25	13	07	-	08	16	07	03	54
Edif. 14	1999	05	21	17	01	01	07	12	01	03	42
Edif. 15	2000	02	11	21	05	-	02	17	14	04	63
Edif. 16	2000	04	11	20	04	01	07	22	13	04	71
Edif. 17	2001	04	28	22	12	-	08	27	13	06	88
Edif. 18	2001	02	06	20	08	03	10	10	06	01	58
Edif. 19	2001	05	27	27	11	01	05	24	16	06	90
Edif. 20	2003	03	13	23	17	01	06	23	10	07	87
Edif. 21	2003	04	27	39	22	02	10	24	12	05	114
Edif. 22	2003	04	18	40	-	01	10	29	22	07	109
Edif. 23	2004	02	12	14	04	-	10	16	06	03	53
Edif. 24	2004	01	27	28	10	02	03	24	08	04	79

Fonte: adaptada de GNNIPER e MILKADO JR (2007).

De acordo com Leite (2017) alguns estudos europeus, as principais origens das manifestações patológicas são devidas as: falhas de projeto, execução equivocada, emprego de materiais inadequados ou não seguir as recomendações dos fabricantes e má utilização pelo usuário.

Com relação às origens dos problemas patológicos, Lichtenstein (1986) os apresenta como descrito no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 — Origens dos problemas patológicos nas edificações.

FALHAS DE PROJETO	1.1 Falhas de compatibilização entre os diversos projetos da obra	
	1.2 Falhas nos projetos propriamente ditos	1.2.1 Qualidade dos materiais
		1.2.2 Especificação dos materiais
		1.2.3 Detalhamento insuficiente
		1.2.4 Detalhe construtivo inexecutável
		1.2.5 Falta de clareza da informação
		1.2.6 Erro de dimensionamento
FALHAS DE GERENCIAMENTO DE EXECUÇÃO	2.1 Falta de procedimento de trabalho	
	2.2 Falta de treinamento de mão-obra	
	2.3 Processos de aquisição de materiais e serviços deficientes	
	2.4 Processo de controle de qualidade ineficiente ou inexistente	
	2.5 Falha ou falta de planejamento de execução	
FALHAS DE UTILIZAÇÃO	3.1 Utilização errônea dos sistemas hidrossanitários	
	3.2 Vandalismo	
	3.3 Mudança de uso devido às necessidades impostas à edificação	
DETERIORAÇÃO NATURAL DE PARTES DOS SISTEMAS	4.1 Desgastes naturais dos mecanismos de vedação dos componentes das instalações hidráulica prediais	
	4.2 Desgaste devido ao uso	
	4.3 Deterioração dos materiais	

Fonte: Adaptada de LICHTENSTEIN (1986).

3.3 DURABILIDADE, VIDA ÚTIL DE PROJETO E DESEMPENHO DO SISTEMAS

A ABNT NBR 15575-1/2013, determina o tempo em que um edifício deve manter o desempenho esperado diante da vida útil da edificação, onde aquela é considerada a quantificação da durabilidade.

Ao associar desempenho a vida útil e durabilidade, a norma trata não apenas do nível de qualidade da edificação, mas também do período durante o qual a edificação será capaz de manter esse nível de qualidade (JÚNIOR, 2019)

Diante disso, a norma conceitua vida útil de projeto (VUP) como:

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

Em função das necessidades básicas de segurança, saúde, higiene e economia, a norma ABNT NBR 15575-1/2013 classifica desempenho dos sistemas em níveis: nível mínimo de desempenho (M), nível intermediário (I) e nível superior (S).

Júnior (2014), cita exemplos de VUP dos componentes do sistema hidrossanitário, baseando na ABNT NBR 15575-1/2013 (Quadro 3.2).

Quadro 3.2 — Exemplos de VUP dos componentes dos sistemas hidrossanitários.

Parte da edificação	Exemplos	VUP (anos)		
		M	I	S
Instalações prediais embutidas em vedações e manuteníveis somente por quebra das vedações revestimentos (inclusive forros falsos e pisos elevados não acessíveis)	Tubulações e demais componentes (inclui registros e válvulas) de instalações hidrossanitárias, de gás, de combate a incêndio, de águas pluviais, elétricos.	≥ 20	≥ 25	≥ 30
	Reservatórios de água não facilmente substituíveis, redes alimentadoras e coletoras, fossas sépticas e negras, sistemas de drenagem não acessíveis e demais elementos e componentes de difícil manutenção e/ou substituição	≥ 13	≥ 17	≥ 20
	Componentes desgastáveis e de substituição periódica, como gaxetas, vedações, guarnições e outros.	≥ 3	≥ 4	≥ 5
Instalações aparentes ou de fácil acesso	Tubulações e demais componentes.	≥ 4	≥ 5	≥ 6
	Aparelhos e componentes de instalações facilmente substituíveis, como louças, torneiras, sifões, engates flexíveis e demais metais espaços sanitários, aspersores (sprinklers), mangueiras, interruptores, tomadas, disjuntores, luminárias, tampas de caixas, fiação e outros.	≥ 3	≥ 4	≥ 5
	Reservatórios de água.	≥ 8	≥ 10	≥ 12
Equipamentos funcionais manuteníveis e substituíveis (médio custo de manutenção)	Equipamentos de recalque, pressurização, aquecimento de água, condicionamento de ar, filtragem, combate a incêndio e outros.	≥ 8	≥ 10	≥ 12

Fonte: JÚNIOR (2014), adaptada na NBR 15575-1/2013.

Segundo Rodrigues e Silva-Afonso (2007), a qualidade dos sistemas hidráulicos está correlacionada ao desempenho das instalações hidráulicas prediais, sendo este avaliado em relação a diferentes categorias:

a) Técnica;

O desempenho técnico de uma instalação é, talvez, o mais relevante para uma caracterização da qualidade das instalações no âmbito da especialidade de águas e esgotos, podendo ser avaliado a partir de dois comportamentos: o construtivo e o físico-ambiental. (RODRIGUES e SILVA-AFONSO, 2007)

Do ponto de vista construtivo, a norma, a ABNT NBR 5626/2020, dita os requisitos que devem ser atendidos em relação ao projeto, execução, operação e manutenção dos sistemas prediais de água fria e quente, para garantir o bom desempenho dos sistemas. Anexo a própria norma, se encontra uma lista de verificações, segundo o qual o projetista deve atender de forma objetiva aos conteúdos e produtos gerados em cada fase de projeto.

No âmbito do comportamento físico-ambiental, poderão referir-se aos problemas de ruído, temperatura e de pressão (e das suas variações, que são indicadores relevantes do nível de conforto da instalação (RODRIGUES e SILVA-AFONSO, 2007)

O anexo C da ABNT NBR 5626/2020, exige que os sistemas hidráulicos devem atender às necessidades de conforto do usuário com respeito aos níveis de ruído produzido ou transmitidos pela própria tubulação, bem como evitar que as vibrações provoquem danos ao sistema e às demais partes do edifício.

No entanto, o anexo B da ABNT NBR 15575-6 – Edificações habitacionais – Desempenho. Requisitos para os sistemas hidrossanitários, informa, em caráter não obrigatório, os níveis de desempenho acústico aos ocupantes quando operados equipamentos hidrossanitários instalados nas dependências da edificação. Porém os equipamentos aqui avaliados devem ser destinados a uso coletivo ou acionados por terceiros que não o próprio usuário da unidade habitacional a ser avaliada.

Os parâmetros de avaliação utilizados constam no quadro a seguir:

Quadro 3.3 — Parâmetros acústicos de verificação.

Descrição	Norma	Aplicação
Nível de pressão sonora equivalente, padronizado de equipamento predial ($LA_{eq, nT}$)	ISO 16032	Ruído gerado durante a operação de equipamento predial
Nível de pressão sonora máximo, padronizado de equipamento predial ($LA_{Smáx., nT}$)	ISO 16032	Ruído gerado durante a operação de equipamento predial
Nível de pressão sonora equivalente no ambiente interno, com equipamento fora de operação. ($LA_{eq, ai}$)	ISO 16032	Nível de ruído no ambiente, com o equipamento fora de operação.

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 15575-6 (2013).

b) Ambiental;

No que se refere ao desempenho ambiental, ele pode ser genericamente caracterizado através da integração e da convivência entre o ambiente construído e a envolvente ambiental, o que poderá ser perspectivado em relação ao conforto que o ambiente envolvente proporciona ou, inversamente, em relação ao impacto no meio ambiente (poluição hídrica etc.). (RODRIGUES e SILVA-AFONSO, 2007)

c) Humano

Segundo Rodrigues e Silva-Afonso (2007) o desempenho “humano” pode ser dividido em dois comportamentos: funcional e saúde e bem estar. O desempenho funcional de uma instalação pode ser avaliado pela ergonomia e pelo conforto na utilização dos seus aparelhos e dispositivos.

Já referente ao desempenho quanto a saúde e bem-estar, o item 5 – Requisitos sobre materiais e componentes da norma ABNT NBR 5626/2020 aponta como requisitos sobre os materiais e componentes utilizados no sistema:

- a) Os materiais e componentes em contato com a água não podem afetar a sua potabilidade;
- b) O desempenho dos materiais e componentes não pode ser comprometido pelas características da água potável, bem como pela ação do meio onde se acham inseridos;

Quanto a preservação da qualidade da água, a norma determina no item 5.2, que os componentes que ficam em contato permanente com a água potável não podem alterar o padrão de potabilidade, transmitir gosto, cor, odor ou toxidade à água, nem promover ou favorecer o crescimento de microrganismos, os quais podem causar desconforto ou danos à saúde e bem-estar do usuário.

d) Econômica

A durabilidade do edifício e de seus sistemas é um requisito econômico diretamente associado ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de atender às funções que lhe forem atribuídas, quer seja degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer que seja por obsolescência funcional. (ABNT NBR 15575-1/2013).

Segundo Júnior (2018), a durabilidade das tubulações em uso nos edifícios depende de vários fatores, cuja estimativa é imprecisa. Entre esses fatores se destacam:

- i. Obediência as normas de instalações existentes, pertinente aos materiais utilizados.
- ii. Observação das orientações técnicas do produto conforme estipulado no manual técnico de cada fabricante;
- iii. Observação da natureza do material dos tubos e conexões;
- iv. Observação do tipo de junta;
- v. Observação das condições de exposição das tubulações,
- vi. Observação da natureza química e temperatura do líquido transportado pela tubulação.
- vii. Utilização adequada ao tipo de fluido usado diariamente. Não interferindo as características técnicas da tubulação com o tipo de fluido utilizado, como por exemplo, água quente, numa instalação de material destinado à água fria.

3.4 TIPOS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DECORRENTES DE FALHAS NOS SISTEMAS HIDRAÚLICOS.

Segundo REAL (2016), as anomalias em sistemas prediais de distribuição e drenagem de águas são divididas em tipos:

- Deficiência de concepção e dimensionamento (projeto).
- Erros de execução;
- Inconformidades de utilização;
- Deficiência dos sistemas de tubagem e das instalações.

Na fase de projeto dos sistemas prediais, os erros podem ocorrer por falhas de concepção sistêmica, erros de dimensionamento, incorreções de especificações

de materiais de serviços, insuficiência ou inexistência de detalhes construtivos, falas na compatibilização de projetos etc. (JÚNIOR, 2018).

De acordo com a norma ABNT NBR 5626/2020, o projeto de instalação hidráulica deve:

- Preservar a potabilidade de água potável;
- Garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e vazões compatíveis com o funcionamento previsto dos componentes dos sistemas.
- Promover economia de água e energia;
- Evitar níveis de ruídos à ocupação do ambiente;
- Proporcionar conforto aos usuários, prevendo peças de utilização adequadamente localizadas, de fácil operação.
- Minimizar a ocorrência de manifestações patológicas e considerar a manutenibilidade do sistema.

Referente as instalações de água pluviais, a ABNT NBR 10844/ Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento, determina que estas devem ser projetadas para:

- Recolher e conduzir a vazão de projeto até os locais permitidos pelos dispositivos legais;
- Ser estanque;
- Permitir a limpeza e desobstrução;
- Ser resistente a intempéries;
- Na ligação dos componentes com outros materiais de construção, utilizar materiais compatíveis;
- Não provocar ruídos excessivos;
- Resistir às pressões a que podem estar sujeitas;
- Ser fixadas de maneira a assegurar resistência e durabilidade;

Segundo JÚNIOR (2018), o uso inadequado de materiais ou a escolha de qualidade inferior para máxima economia, execução com muitas improvisações e “gambiarras” além da baixa qualificação de mão de obra são também fatores que interferem no surgimento de manifestações patológicas em sistemas prediais. Além disso, a negligência ou falta de capacitação do instalador, modificação do projeto sem consulta prévia ao autor do mesmo, falta de fiscalização e/ou acompanhamento

do engenheiro ou responsável técnico pela obra facilitam o surgimento de tais anomalias.

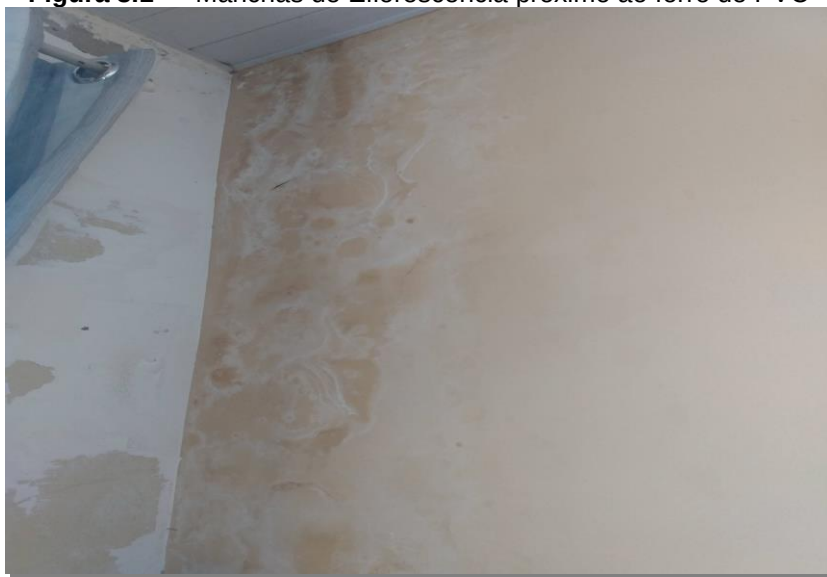
As manifestações patológicas devido a falha dos sistemas em questão são derivadas da umidade accidental ocorrida na construção. Estas, segundo Souza (2008), podem se manifestar em diversos elementos das edificações – paredes, pisos, fachadas, elementos de concreto armado (reservatório), etc. Relacionadas as instalações de águas frias e pluviais, a falha relacionada a infiltração geralmente é causada por vazamentos.

As principais manifestações patológicas que indicam ruptura ou falha nas tubulações e conexões dos sistemas hidráulicos são:

3.4.1 Eflorescência

Na Figura abaixo, nota-se a presença de manchas esbranquiçadas, as quais são sintomas de uma manifestação patológica de umidade nomeada “Eflorescência’. As manchas são, na verdade, um aglomerado de depósitos de sais cristalinos originados pela migração de água, rica em sais, do interior dos componentes de alvenaria e/ou concreto. Dependendo do material que compõe a argamassa do revestimento a eflorescência pode apresentar coloração esbranquiçada, amarela ou castanha.

Figura 3.1 — Manchas de Eflorescência próximo ao forro de PVC



Fonte: Do acervo da Autora (2021).

Ferreira e Garcia, em seu trabalho “Patologias dos Revestimentos Históricos de Argamassas” (2016), explicam que as eflorescências são formadas quando a argamassa possui uma rede de capilares bem formada (ou outro caminho que facilite a percolação da água, como uma fissura), o ambiente apresenta condição de evaporação moderada e há quantidade suficiente de água para conduzir os sais. Estes se cristalizam essencialmente na superfície do revestimento, resultando no caso clássico da eflorescência. O outro tipo de eflorescência destacado pelos autores é a criptoflorescência.

Diferente da eflorescência, a criptoflorescência ocorre em ambiente onde a evaporação ocorre de forma intensa. Devido a este fenômeno os sais tendem a se cristalizar antes de alcançar a superfície. Quando a precipitação ocorre na interface da argamassa-substrato, ocorre o descolamento da argamassa.

3.4.2 Gotejamento de água

Segundo Righi (2009), o gotejamento ocorre devido a concentração de umidade excessiva em um ponto da superfície por tensão superficial, caindo por gravidade ao atingir determinado volume, conforme ilustra a Figura 3.2

Figura 3.2 — Gotejamento



Fonte: (2021).

3.4.3 Manchas de umidade

Uma parte circunscrita da superfície que se apresenta impregnada de água, apresentando cor diferente do restante dela. (RIGHI, 2009). Para elucidar tal sintoma, ver Figura 3.3.

Figura 3.3 — Mancha de umidade na parede interna



Fonte: Autora (2021).

3.4.4 Mofo ou Bolor

Os termos genéricos “bolor” ou mofo” são empregados para descrever a colonização por diversas populações de fungos filamentosos sobre vários tipos de substratos, que vão desde os de gênero alimentício até os mais diversos tipos de materiais, destacando aqui as argamassas inorgânicas. (SHIRAKAWA, MONTEIRO, *et al.*, 1995)

Segundo Shirakawa, Monteiro, *et al.*, (1995), o bolor só aparece caso haja umidade suficiente para germinação dos esporos. Portanto, a água absorvida pelo substrato, derivada de um possível vazamento, é condicionante para o aparecimento, manutenção e revestimento do bolor no revestimento.

A maioria dos fungos filamentosos que causam bolor, são reconhecidos como fungos alergênicos, favorecendo o aparecimento de rinite e asma em indivíduos com predisposição a este tipo de disfunção respiratória. (SHIRAKAWA, MONTEIRO, *et al.*, 1995). A Figura a seguir mostra o surgimento do mofo em uma região úmida da parede.

Figura 3.4 — Mofo próximo ao forro.



Fonte: Autora (2021).

3.4.5 Vegetação

É o crescimento de plantas em determinados pontos das elevações, geralmente em locais com fissuras e presença de umidade. (RIGHI, 2009). A Figura abaixo mostra o crescimento de vegetação próximo a um tubo passante na elevação vertical.

Figura 3.5 — Vegetação no arremate do tubo passante na elevação

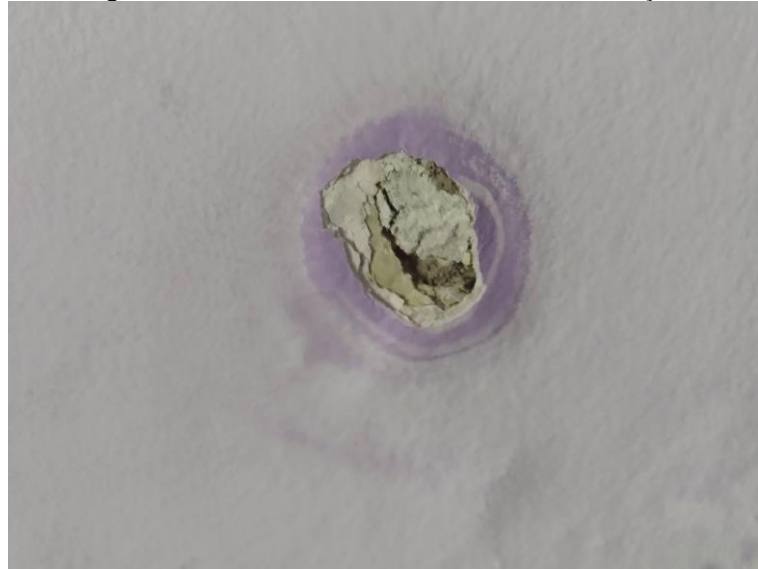


Fonte: Autora (2021).

3.4.6 Vesículas

De acordo com o trabalho de Ferreira e Garcia (2016), as vesículas são nada mais do que pequenos pontos de revestimento, que incham progressivamente e acabam por destacar a pintura. A variação de volume é consequência da reação expansiva de um componente presente na camada de revestimento, com a água e/ou oxigênio. Tal manifestação patológica é representada na Figura a seguir:

Figura 3.6 — Vesícula formada devido a infiltração.



Fonte: Autora (2021).

3.5 TÉCNICAS NÃO DESTRUTIVAS UTILIZADAS PARA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS

Segundo Júnior (2018), os vazamentos podem ser divididos em dois tipos:

a) Vazamento visível

São aqueles facilmente detectados pelos usuários, como os que ocorrem em pontos de utilização.

b) Vazamento não visível

São os que ocorrem em tubulações enterradas ou embutidas em paredes, piso e lajes, que dificilmente são detectáveis pelo usuário.

No caso de vazamento visível, a detecção é feita visualmente através de uma inspeção visual de todos os componentes, conexões e tubulações que estão aparentes na construção. Exemplificando, tem-se o vazamento de torneiras, que se manifestam por meio de gotejamento ou escoamento de filete.

Atualmente, são desenvolvidos vários estudos com o intuito de avaliar a potencialidade do uso da termografia no surgimento de manifestações patológicas associadas à vazamentos não visíveis. Como por exemplo, o Al Alam (2016) realizou experimentos em protótipos de alvenaria e argamassa, submetidos a infiltrações e com auxílio da termografia, tentou localizar a origem do vazamento. O autor concluiu que é possível perceber problemas patológicos antes de seu surgimento utilizando a termografia.

Complementarmente, Santos *et al* (2019) realizou ensaio com a câmera termográfica em protótipos de alvenaria com vários tipos de revestimentos. A detecção da infiltração com a termografia foi fortemente influenciada pelo tipo de revestimento. As paredes revestidas com material mais poroso apresentaram melhores resultados, devido aos maiores valores de gradientes térmicos. (SANTOS *et al*, 2019).

Para verificação da existência de vazamento nas tubulações enterradas ou embutidas, Júnior (2018) recomenda a realização dos seguintes testes expeditos, onde se determina se há ou não vazamento, ficando a cargo do profissional a localização exata do problema.

3.5.1 Teste do Hidrômetro

O teste do hidrômetro consiste em verificar a passagem de água pelo hidrômetro quando todos os pontos de utilização, supridos diretamente pelo sistema público de água estão fechados (JÚNIOR, 2018)

Alguns vazamentos podem ocorrer durante a madrugada devido ao aumento da pressão na rede durante esse horário. Portanto, Júnior (2018), recomenda que as leituras devem ser realizadas a noite, depois da utilização do sistema, e outra pela manhã, antes de abrir alguma torneira.

Para auxiliar na realização do teste, o autor recomenda a utilização da tabela a seguir.

Tabela 3.2 — Pesos relativos nos pontos de utilização

OS	DATA	HORA	LEITURAS		OBSERVAÇÕES
			Números pretos	Números vermelhos	

Os números vermelhos podem ser em quantidades de dois ou três, dependendo do hidrômetro. Eles contam litros de água que passam pelo hidrômetro. Os números pretos contam metros cúbicos.					

Fonte: JÚNIOR (2008)

3.5.2 Teste de Sucção

O teste de sucção é feito em uma torneira que recebe água diretamente da rede pública e que esteja instalada em cota mais alta em relação ao piso.

Para a realização do teste de sucção deve-se fechar o registro de entrada, e posicionar um copo cheio de água na boca da torneira, caso o volume de água diminua, existe um vazamento no ramal interno (após hidrômetro).

3.5.3 Hastes de escutas

São equipamentos simples, que também captam as vibrações e são interpretadas pelos operadores. Constituídos de uma haste metálica fixada a uma membrana vibratória o equipamento pode captar vibrações com contato direto nas tubulações. São utilizadas para a identificação de possíveis vazamentos e não para a sua localização. Podem também estar acopladas a amplificadores eletrônicos que aumentam o seu desempenho. (COSTA, 2008)

3.5.3 Geofones

Semelhante a um médico ou enfermeiro com um estetoscópio o equipamento possui duas “sapatas”, que são colocadas diretamente no solo e transmitem ao operador através dos estetoscópios, ruídos que podem identificar e localizar os vazamentos. (COSTA, 2008)

Podem ser mecânicos, onde a transferência do som se dá apenas pela vibração de uma membrana interna que amplia os ruídos detectados até equipamentos mais sofisticados onde está vibração pode ser filtrada ou amplificada em até 5000 Hz de frequência com piezômetros. (COSTA, 2008)

É a forma mais utilizada nas detecções de vazamentos, sendo, também a mais barata no caso do geofone mecânico. Uma das suas desvantagens é que necessita de pessoas altamente treinadas para identificar e interpretar os ruídos. (COSTA, 2008)

4 METODOLOGIA

Este capítulo irá abordar a metodologia utilizada para a realização desta monografia. As etapas do capítulo dividem-se em: estudo dos equipamentos, projeto e execução dos protótipos e a realização dos ensaios.

Uma parte da metodologia foi baseada na dissertação elaborada por Al Alam (2016), por meio da qual o autor confeccionou, em laboratório, paredes com diferentes tijolos cerâmicos e concreto, todas revestidas com reboco e pintura e tinham inserido em cada uma um tubo de PVC de 20 mm furado, para simular um vazamento accidental.

Desta forma, neste trabalho foram construídas quatro paredes protótipos na casa da autora, que receberam diferentes tipos de coberturas. Os detalhes serão apresentados posteriormente.

4.1 PROTÓTIPOS DO ESTUDO

Neste item será demonstrado o método de construção dos protótipos assim como, a caracterização dos materiais utilizados na confecção das paredes.

4.1.1 Caracterização dos materiais

Na argamassa para assentamento e reboco “massa única” foram utilizados cimento CP II – F 32 - RS (Figura 4.1a) e areia grossa (Figura 4.1b), em todos os protótipos. Estes materiais foram adquiridos em comércio local e escolhidos de acordo com a disponibilidade no mercado na hora da compra.

Figura 4.1 — (a) Aglomerante: cimento. (b) Agregado: areia grossa.



Fonte: Autora (2021).



Fonte: Autora (2021).

Para garantir a detecção do vazamento dos protótipos no tempo da realização do ensaio, foi escolhida areia grossa, garantindo a porosidade necessária da camada de emboço e reboco dos revestimentos.

Foram utilizados dois tipos de tijolos para a confecção dos protótipos de paredes: tijolo cerâmico de 6 furos (Figura 4.2a) e o tijolo maciço cerâmico (Figura 4.2b).

Figura 4.2 — (a) Tijolo cerâmico 6 furos. (b) Tijolo maciço de cerâmica.



Fonte: Autora (2021).



Fonte: Autora (2021).

Em todos os protótipos foram realizadas aberturas para a colocação do tubo de PVC com diâmetro de 20mm. A tubulação foi arranjada em formato de L, onde foram utilizadas as conexões listadas a seguir:

- Conexão Tê 90° Soldável Marrom 20mm (1/2")
- Conexão Joelho 90° Soldável Marrom 20 mm (1/2")
- Conexão Joelho 90° LR Marrom 20 mm (1/2")
- Registro Esfera PVC 20 mm (1/2")
- Torneira de Jardim Preta Rosca

- Flange – Adaptador Caixa d'água.

A Figura 4.3 ilustra o sistema hidráulico utilizado em todos os protótipos.

Figura 4.3 — Instalação da tubulação, em formato de “L”, nos protótipos.



Fonte: Autora (2021).

4.1.2 Confeção dos protótipos

Ao todo, foram construídos quatro protótipos, sendo dois compostos por bloco cerâmico de 6 furos e os restantes, por tijolo maciço de cerâmica (Ver Figura 4.4). O Quadro 4.1 explicita a tipologia dos protótipos, de acordo com o tipo de tijolo utilizado na sua construção, suas dimensões e o revestimento aplicado.

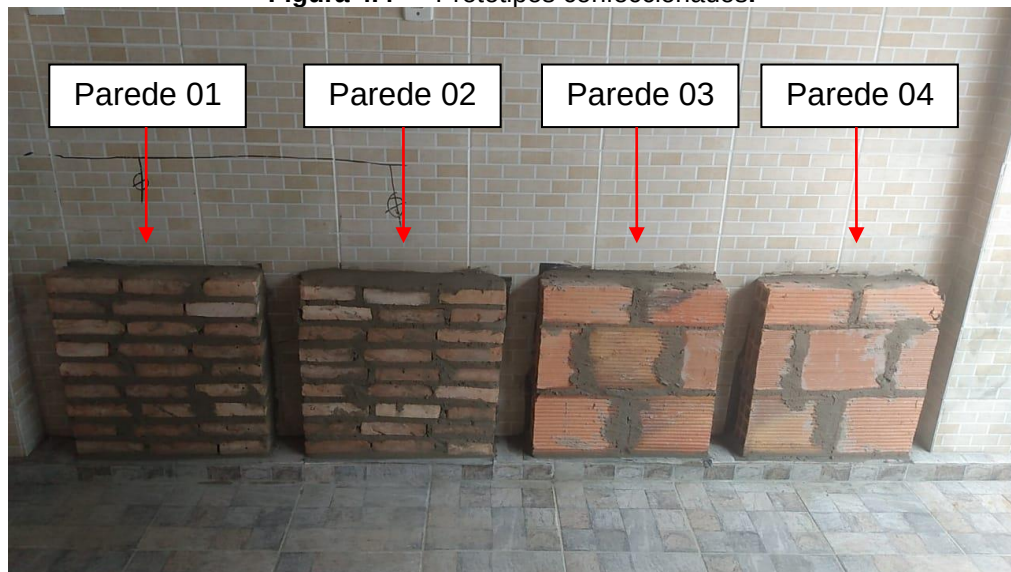
Quadro 4.1 — Descrição dos protótipos.

Protótipos	Tipologia	Dimensões	Revestimento
Parede 01	Tijolo maciço cerâmico	52 cm x 52 cm	Emboço e Piso Cerâmico
Parede 02	Tijolo maciço cerâmico	53 cm x 51 cm	Reboco massa única + Pintura
Parede 03	Tijolo cerâmico de 06 furos	51 cm x 51 cm	Emboço e Piso Cerâmico
Parede 04	Tijolo cerâmico de 06 furos	50 cm x 50 cm	Reboco massa única + Pintura

Fonte: Autora (2021).

As placas cerâmicas assentadas são do tipo Porcelanato e foram escolhidas de acordo com a sua dimensão e tipologia.

Figura 4.4 — Protótipos confeccionados.



Fonte: Autora (2021).

Para inserção da tubulação foi executada uma cavidade em todas as paredes, em formato de “L”, acompanhando o formato da tubulação (ver Figura 4.5).

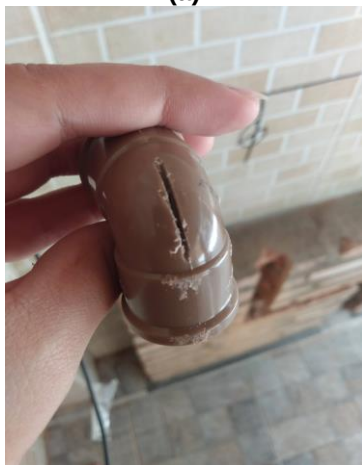
Figura 4.5 — Instalação da tubulação de 20 mm nos protótipos



Fonte: Autora (2021).

Todas as tubulações inseridas foram danificadas propositalmente na conexão “joelho 90°” para simulação do vazamento. Os “joelhos” foram serrados com uma serra de tubo, ao ponto de diminuir a espessura da parede da conexão, conforme ilustra a Figura 4.6(a). Em seguida, foi feito um furo com objeto pontiagudo (ver Figura 4.6(b)).

Figura 4.6 — Execução da abertura no “joelho”. (a) Conexão serrado. (b) Furo na tubulação.



Fonte: Autora (2021).



Fonte: Autora (2021).

Após a inserção da tubulação, as paredes foram rebocadas e revestidas (ver Figura 4.7), de acordo com a especificação apresentada anteriormente no Quadro 4.1.

Figura 4.7 — Protótipos finalizados.



Fonte: Autora (2021).

Todos os protótipos foram construídos em local aberto com cobertura, ou seja, foram submetidos à ação de vento, umidade e incidência solar, porém não receberam ação da chuva.

4.2 EQUIPAMENTOS

Para análise quanto a origem dos vazamentos, forma utilizados dois equipamentos: SCANNER e Câmera termográfica.

4.2.1 Scanner de paredes – Detector de Materiais.

O modelo de detector de materiais é o Detector D-tect 120 Professional (Figura 4.8). O equipamento utilizado é um scanner de radar intuitivo para quase todos os materiais, como metais magnéticos, condutores elétricos e tubos de plástico cheios de água. No Anexo A são indicadas as características do equipamento.

Figura 4.8 — Detector D-tect 120 Professional



Fonte: <https://www.bosch-professional.com/br/pt/products/detector-d-tect-120-0601081300> (2021).

4.2.2 Câmera termográfica.

O modelo de câmera termográfica é a FLIR TG165x (Figura 4.9). O equipamento utilizado possui um laser *bullseye* que auxilia a visualização, garantindo a coleta do componente certo. No Anexo B são indicadas as características do equipamento.

Figura 4.9 — Câmera termográfica modelo FLIR TG165x



Fonte: <https://www.flir.com.br/products/tg165-x/> (2021).

4.3 MEDIÇÕES.

Os protótipos receberam água após 7 dias depois da finalização da camada de revestimento de todas as paredes. O fornecimento de água para os protótipos foi feito através da instalação de um balde de 20 litros, simulando a instalação de abastecimento de água residencial ou predial, onde a água é armazenada em um reservatório antes de ser direcionada a qualquer ponto de utilização.

Imediatamente antes de cada protótipo, foi instalado um registro com o intuito de controlar a alimentação de cada parede, pois o teste dos protótipos ocorreu de forma sucessiva. A Figura 4.10, ilustra o sistema utilizado para abastecimento de água dos protótipos.

Figura 4.10 — Sistema de abastecimento de água dos protótipos.

Fonte: Autora (2021).

Importante salientar que toda água utilizada, desde a construção ao abastecimento, foi pluvial. No local de realização dos ensaios há um sistema de coleta de água da chuva, o que possibilitou o não desperdício de água potável.

A coleta de dados foi realizada conforme apresenta a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 — Cronograma das medições

1ª Medição	Superfície Seca – Protótipos sem água.
Alimentação do sistema – inserção de água no protótipo.	
2ª Medição	5 min
3ª Medição	10 min
4ª Medição	15 min
5ª Medição	20 min
6ª Medição	25 min
7ª Medição	30 min
8ª Medição	40 min
9ª Medição	50 min
10ª Medição	60 min
Fim da alimentação do sistema	
11ª Medição	1 hora.
12ª Medição	24 horas

Fonte: Autora (2021).

A medição da temperatura superficial foi realizada no ponto central de cada protótipo, coincidindo com a conexão “joelho” danificada, a uma distância de 1,5 metros (Ver Figura 4.11)

Figura 4.11 — Medição utilizando a câmera termográfica



Fonte: Autora (2021).

Para análise dos dados obtidos com a câmera termográfica, comparou-se o valor da temperatura de cada superfície seca com as temperaturas obtidas durante as medições. Desse modo, calculou-se a variação da temperatura ao longo das onze medições utilizando a Equação 1.

$$\Delta T = T_s - T_u$$

Eq 01

Onde,

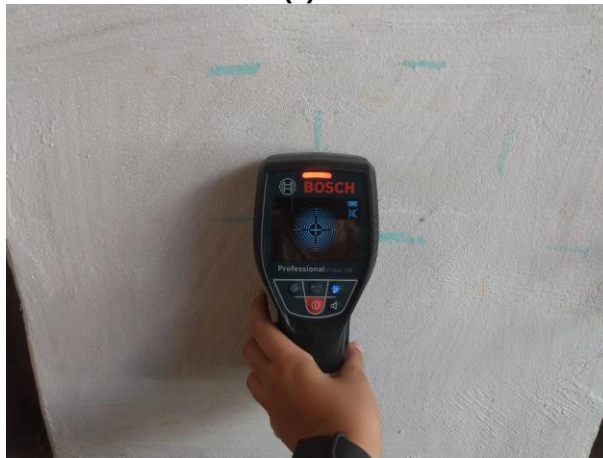
ΔT = Variação de temperatura da parede ao longo da realização do ensaio.

T_s = Temperatura da superfície seca, antes de colocar água no sistema (°C).

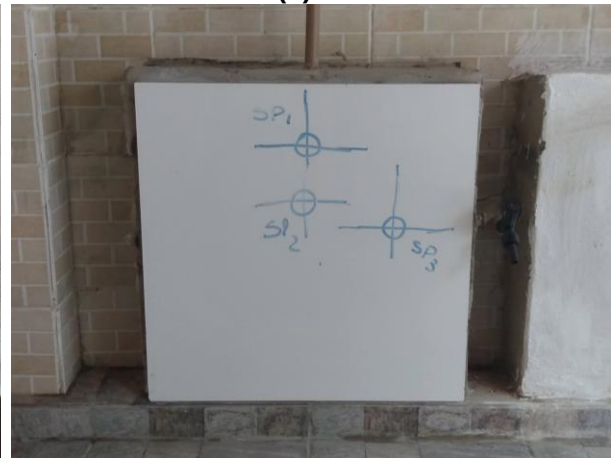
T_u = Temperatura da zona afetada pela umidade (°C).

Ao que se refere a medição com o scanner, similarmente foram realizadas medições com a superfície seca, onde localizou-se a canalização em três pontos. SP1, SP2 e SP3 (Ver Figura 4.12(a) e 4.12(b)). A cada medição, conforme o cronograma apresentado na tabela 3.1, o scanner foi posicionado nos mesmos três pontos. Os pontos ilustrados na Figura 3.12(b) foram feitos analogamente em todos os protótipos confeccionados.

Figura 4.12 — (a) Localizando os pontos. (b) Marcação dos pontos SP1, SP2 e SP3.



Fonte: Autora (2021).



Fonte: Autora (2021).

Os ensaios foram realizados simultaneamente a cada medição. Primeiramente, aferiu-se a temperatura da superfície com a câmera termográfica e logo em seguida, posicionou-se o detector de materiais sobre os pontos determinados anteriormente.

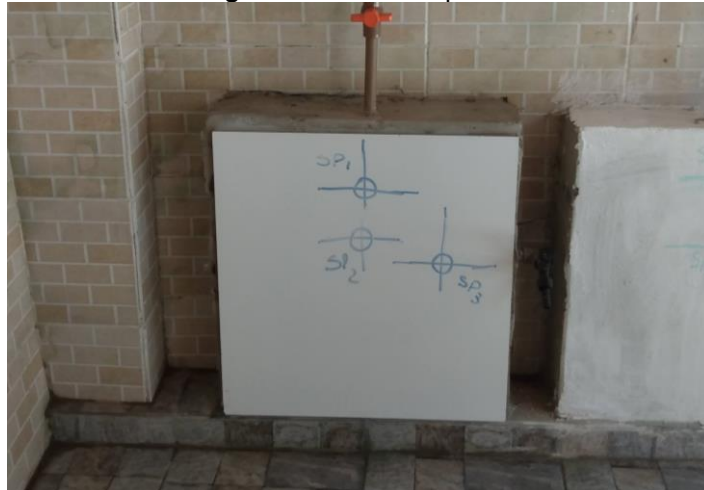
Os protótipos foram ensaiados em dias diferentes, fora da ordem de construção, contudo algumas medições de uma parede coincidiram com as de outra.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta a análise e discussão dos resultados atingidos nesta pesquisa.

5.1 RESULTADOS - PROTÓTIPO 01

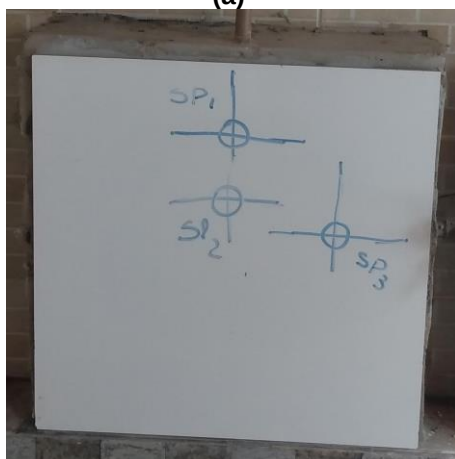
A Figura 5.1 ilustra o Protótipo 01, de dimensão 52 cm x 52 cm. A elevação foi construída com o tijolo maciço cerâmico e revestida com a placa cerâmica.

Figura 5.1 — Protótipo 01.

Fonte: Autora (2021).

a) Ensaio termográfico.

Conforme citado no capítulo anterior, aferiu-se primeiramente a temperatura da superfície seca, antes de alimentar o sistema com água. O resultado está expresso na Figura 5.2 (a) e (b).

Figura 5.2 — Imagens do ensaio de termografia: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica.

Fonte: Autora (2021).



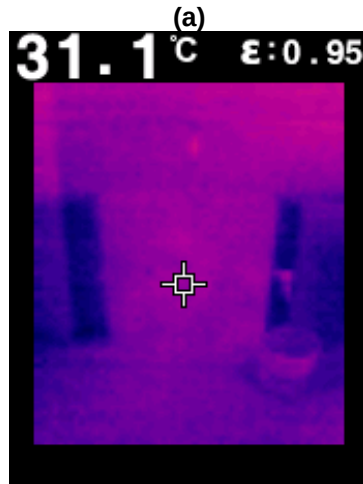
Fonte: Autora (2021).

Analisando a imagem obtida na câmera, nota-se que a superfície apresenta uma cor roxa uniforme, com temperatura inicial (T_s) de 31.4°C. Após as fotografias iniciais do protótipo, a instalação hidráulica foi preenchida com água, conforme exposto no capítulo anterior, dando início ao período de medição.

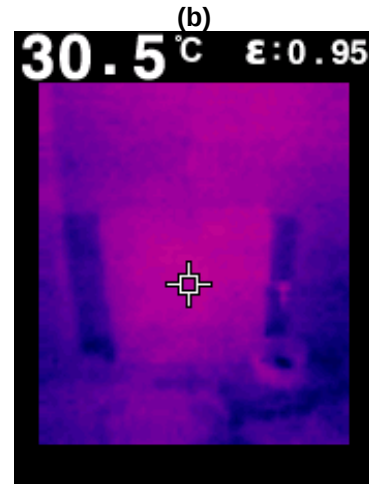
No decorrer do ensaio, apesar de não ter sido detectada nenhuma alteração visível na superfície, foi observada uma pequena variação da temperatura da placa

cerâmica. As Figuras a seguir mostram a 3ª e 9ª medições, respectivamente com 10 e 50 minutos, elucidando assim a obtenção dos dados.

Figura 5.3 — (a) Termografia da 3ª medição – 10 min. (b) Termografia da 9ª medição – 50 min.



Fonte: Autora (2021).



Fonte: Autora (2021).

Analisando as Figuras 5.3(a) e 5.3(b) percebe-se que a temperatura da superfície da placa cerâmica se mantém constante, apesar da pequena variação. Todas as leituras realizadas no ensaio de termografia estão ilustradas no Apêndice A.

Os dados obtidos das 2ª a 12ª medições foram substituídos na Eq 01, obtendo assim os valores dos gradientes de temperatura (ΔT). A partir destes, foi construído um gráfico com os valores de (ΔT) ao longo do tempo de ensaio (ver Figura 5.4).

Figura 5.4 — Representação gráfica da variação de temperatura do Protótipo 01.



Apesar de não existir nenhuma manifestação patológica, a água provocou uma queda de 1.1°C na temperatura na superficial. No entanto, a superfície retorna à sua temperatura inicial em 24 horas depois da cessão da alimentação do sistema hidráulico, o que impossibilita a detecção da origem da infiltração em paredes revestidas com placas cerâmicas.

b) Scanner de paredes – Detector de Materiais

Conforme dito no capítulo anterior foram determinados os pontos SP1, SP2 e SP3, com o protótipo ainda seco. A cada medição, o Scanner foi posicionado novamente em cada ponto predeterminado.

Iniciado a simulação do vazamento, o scanner localiza o cano no SP1 durante todo o ensaio. Já o SP2 é localizado parcialmente no período inicial, da 2ª a 5ª medição, porém após 20 minutos desde o início do vazamento a tubulação é detectada no SP2. Quanto ao SP3, ele não foi localizado durante o período do vazamento.

Para melhor entendimento sobre os dados obtidos através do Scanner, as figuras a seguir ilustram as leituras quanto a localização total e parcial da tubulação na alvenaria .

Figura 5.5 — Scanner – Detector de Materiais (a) Leitura total. (b) Leitura parcial. .



Fonte: Autora (2021).



Fonte: Autora (2021).

A Tabela 5.1 mostra todas as leituras feitos pelo Scanner. As células marcadas com “x” representam os pontos que foram detectados, as preenchidas com “p” indicam que a leitura foi parcial, onde não aparece na tela a cruz que indica

a presença do tubo e a células em branco indicam os pontos onde não foi possível localizar o cano.

Tabela 5.1 — Leituras do Scanner – Detector de Materiais: Protótipo 01.

Medições	Tempo decorrido	Leitura nos pontos de análise		
		sp1	sp2	sp3
2 ^a	5 min	x	p	
3 ^a	10 min	x	p	
4 ^a	15 min	x	p	
5 ^a	20 min	x	x	
6 ^a	25 min	x	x	
7 ^a	30 min	x	x	
8 ^a	40 min	x	x	
9 ^a	50 min	x	x	
10 ^a	60 min	x	x	
11 ^a	1h	x	x	x
12 ^a	24h	x	x	x

Desse modo, percebe-se que, na presença de umidade na parede, os pontos próximos a fonte do vazamento são localizados parcialmente ou não são localizados pelo scanner.

5.2 RESULTADOS - PROTÓTIPO 02

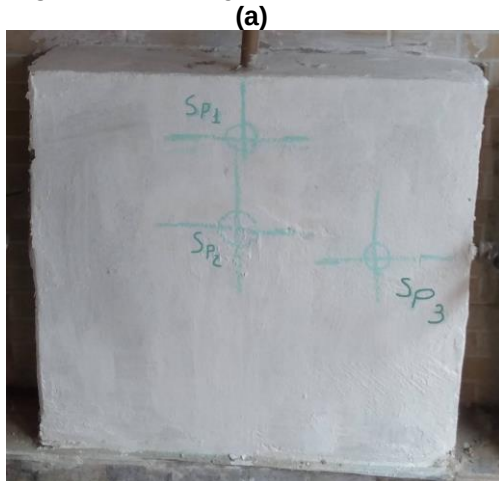
A seguir se encontra a Figura do Protótipo 02, de dimensão 53 cm x 51 cm. A elevação foi construída com o tijolo maciço cerâmico e o acabamento executado foi a camada de pintura.

Figura 5.6 — Protótipo 02.

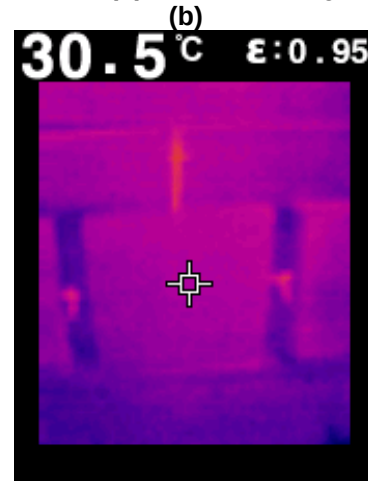
Fonte: Autora (2021).

a) Ensaio termográfico

Com a superfície seca, o Protótipo 02 apresentou temperatura uniforme, computando assim um $T_s = 30.5^{\circ}\text{C}$, o que comprova que não há infiltração. As Figuras 5.7(a) e 5.7(b) mostram as leituras realizadas na primeira medição.

Figura 5.7 — Imagens do ensaio de termografia: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica. .

Fonte: Autora (2021).

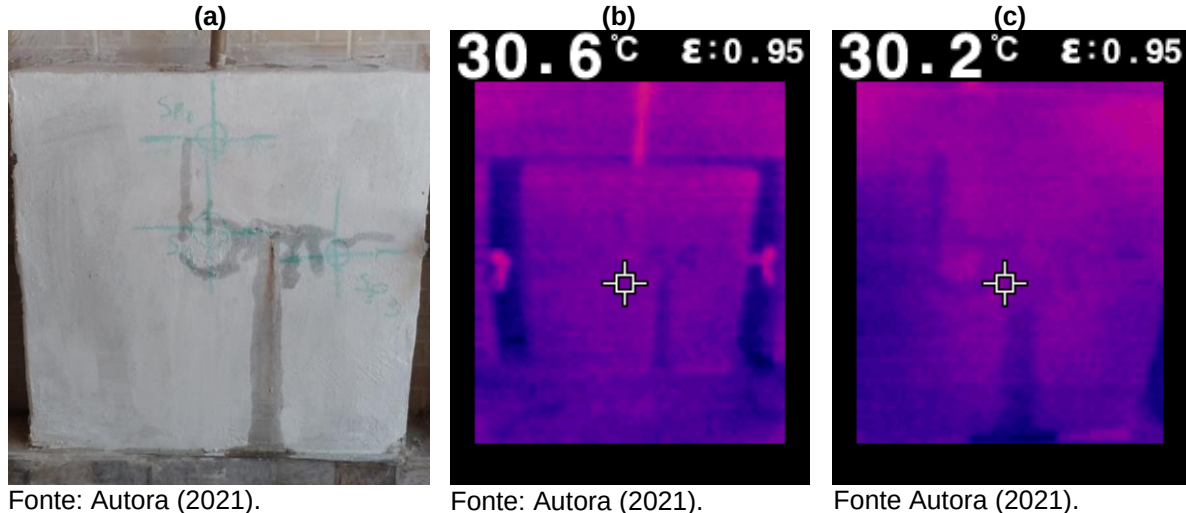


Fonte: Autora (2021).

Com apenas dois minutos após a abertura do registro, foi possível detectar a mancha de umidade próxima a origem do vazamento, a qual percorre a canalização existente (Ver Figura 5.8(a)). Devido a presença de matéria orgânica na argamassa de reboco surgiu uma mancha marrom avermelhada na superfície, no sentido descendente indicando o sentido de percolação da água

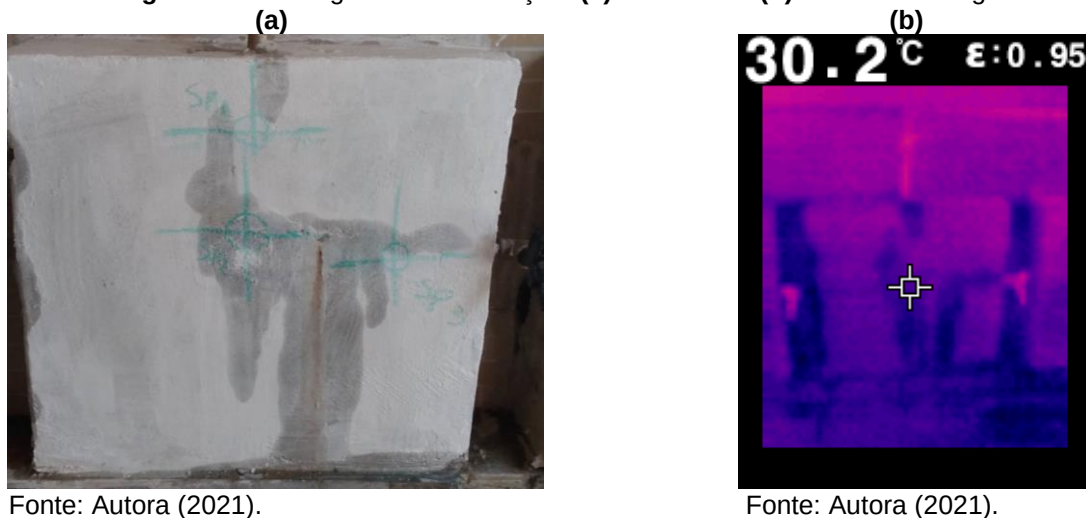
Apesar da mancha de umidade ser vista a olho nu na superfície, a câmera termográfica não registrou mudança de temperatura no ponto de medição (ver Figura 5.8(b)). No entanto, na Figura 5.8(c), é perceptível a presença de uma mancha mais escura, semelhante ao formato da manifestação patológica visualizada na superfície, indicando a existência de uma área mais fria.

Figura 5.8 — Imagens do protótipo 02: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica.



Aos 10 minutos de ensaio (3ª medição), a água causa uma expansão da mancha de umidade e consequentemente, uma queda na temperatura da superfície. As figuras a seguir mostram a superfície a olho nu e a imagem obtida na termografia.

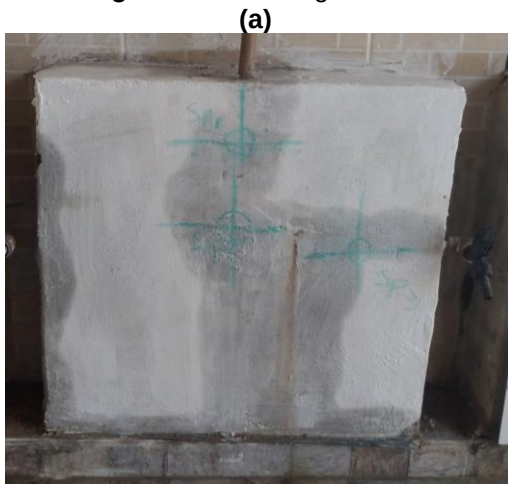
Figura 5.9 — Imagens da 3ª medição: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica. .



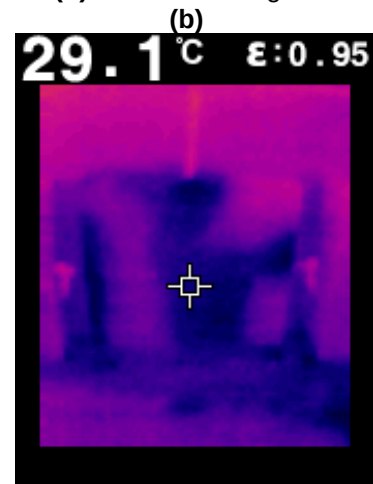
Nesse momento, devido a vazão do vazamento, nota-se que há também mancha de umidade próxima aos limites do protótipo, ou seja, a água começa a aflorar nos pontos de fragilidade da elevação. Todas as leituras realizadas no ensaio de termografia estão ilustradas no Apêndice A.

Na décima medição, após uma hora contínua de infiltração, a mancha de umidade ocupou grande parte da superfície do protótipo 02 (Ver Figura 5.10(a)). Observa-se na Figura 5.10(b), zonas mais escuras na superfície, indicando a localização das regiões mais frias da superfície. Após a 10ª medição, o fluxo de água foi interrompido no protótipo 02.

Figura 5.10 — Imagens da 10ª medição: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica. .



Fonte: Autora (2021).



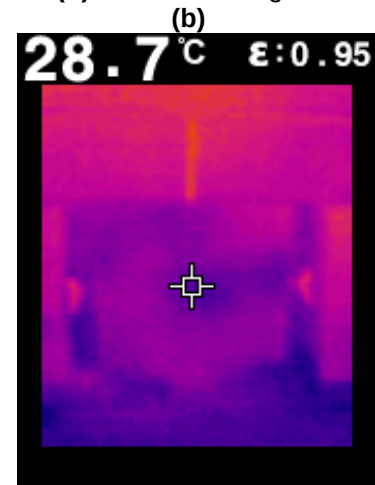
Fonte: Autora (2021).

Após 1 hora (11ª medição) depois do fechamento do registro, foi feita uma nova leitura, que está expressa nas Figuras 5.11(a) e 5.11(b). Observa-se tanto a olho nu quanto na termografia, o início do espalhamento da umidade na argamassa, provocando assim a diminuição da temperatura de toda a superfície.

Figura 5.11 — Imagens da 11ª medição: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica. .



Fonte: Autora (2021).



Fonte: Autora (2021).

Conforme discutido no item 3.3 desta dissertação, foram calculados os gradientes de temperaturas (ΔT) com base nos dados obtidos da 2ª a 12ª medição. A partir destes, foi construído um gráfico com os valores de (ΔT) ao longo do tempo de ensaio, este expresso na Figura 5.12.

Figura 5.12 — Representação gráfica da variação de temperatura do Protótipo 02.



A água infiltrada provocou uma queda de temperatura na superfície em 1.80°C durante o período de vazamento. Uma hora após a interrupção a umidade foi absorvida por toda a camada de argamassa, provocando um equilíbrio na temperatura superficial.

Após 24 horas, a temperatura subiu impossibilitando a visualização da infiltração ocorrida por meio da câmera termográfica. A Figura 5.13(b) mostra o registro feito a partir da termografia onde foi registrada temperatura de 31,5°C. Apesar da temperatura elevada, percebe-se que a superfície apresenta uma coloração mais escura em comparação a antes da simulação do vazamento. Além disso, é possível deduzir que ocorreu uma infiltração no protótipo 02 devido a manchas amareladas na superfície acabada, sinal de sintoma de uma infiltração (ver Figura 5.13(a)).

Figura 5.13 — Imagens da 12ª medição: **(a)** Luz visível. **(b)** Câmera termográfica. .



Fonte: Autora (2021).



Fonte: Autora (2021).

b) Scanner de paredes – Detector de Materiais

Os pontos SP1, SP2 e SP3 foram determinados com o protótipo ainda seco, e analisados a cada medição com o Scanner, este posicionado em cada ponto predeterminado.

Na segunda medição, o scanner localiza totalmente o tubo nos três pontos, porém nas medições seguintes há uma variação quanto a precisão do Scanner. Os pontos SP1 e SP2 passam a ser detectados parcialmente. As figuras a seguir ilustram as leituras do scanner quanto a localização total e parcial da tubulação na alvenaria.

Figura 5.14 — Scanner – Detector de Materiais (a) Leitura total. (b) Leitura parcial. .



Fonte: Autora (2021).



Fonte: Autora (2021).

Já o SP2 é localizado totalmente pelo Scanner, em todo o período do ensaio, sendo o único a não apresentar mudança na leitura. A Tabela 5.2 mostra todas as leituras feitas pelo Scanner no protótipo 02. A interpretação desta tabela é análoga a da Tabela 5.2 do protótipo 01.

Tabela 5.2 — Leituras do Scanner – Detector de Materiais: Protótipo 02.

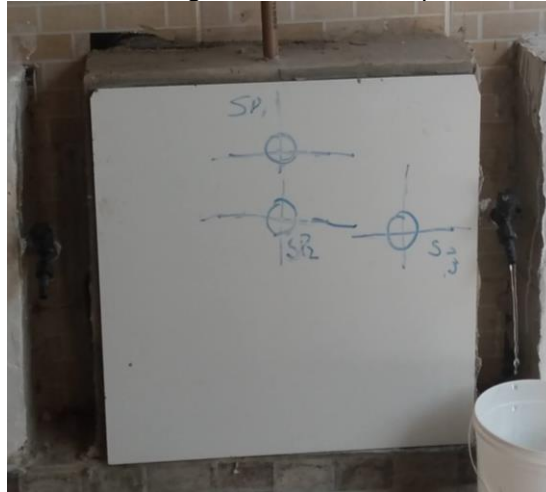
Medições	Tempo decorrido	Leitura nos pontos de análise		
		sp1	sp2	sp3
2 ^a	5 min	x	x	x
3 ^a	10 min	p	x	p
4 ^a	15 min	p	x	p
5 ^a	20 min	p	x	p
6 ^a	25 min	p	x	p
7 ^a	30 min	p	x	p
8 ^a	40 min	p	x	p
9 ^a	50 min	x	x	x
10 ^a	60 min	x	x	x
11 ^a	1h	x	x	x
12 ^a	24h	p	x	p

Semelhante ao Protótipo 01, percebe-se que a umidade influencia na precisão do equipamento. No entanto, é importante salientar que, ao contrário do protótipo 02, a parede um não apresentou nenhum ponto vazio, sem localizar qualquer indício da tubulação.

5.3 RESULTADOS - PROTÓTIPO 03

O Protótipo 03, de dimensão 51 cm x 51 cm foi construído com o tijolo cerâmico de 06 furos e o acabamento executado foi revestimento cerâmico (ver Figura 5.15).

Figura 5.15 — Protótipo 03.

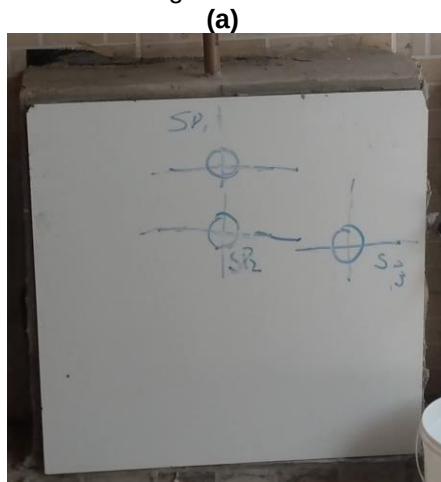


Fonte: Autora (2021).

a) Ensaio termográfico

Ainda seco, o Protótipo 03 apresentou temperatura uniforme, computando assim um $T_s = 33.4^{\circ}\text{C}$. As Figuras 5.16(a) e 5.16(b) mostram as leituras realizadas na primeira medição, no tempo de 0 minutos.

Figura 5.16 — Imagens do ensaio de termografia: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica.



Fonte: Autora (2021).

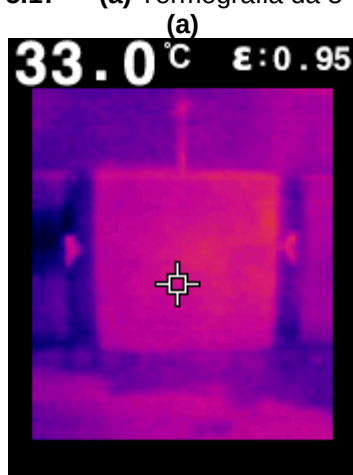


Fonte: Autora (2021).

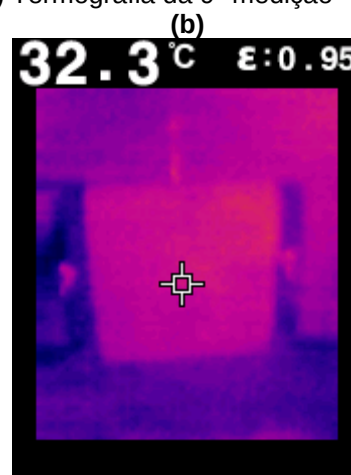
Analisando a imagem obtida na câmera termografia, observa-se que cor da superfície é uniforme, comprovando que a superfície estava seca.

Neste protótipo, assim como no protótipo 01, não foi detectado nenhuma manifestação patológica, todavia foi registrada uma pequena variação da temperatura da placa cerâmica. As Figuras a seguir mostram a 3ª e 9ª medições, respectivamente com 10 e 50 minutos, elucidando assim a obtenção dos dados. Todas as leituras realizadas no ensaio de termografia estão ilustradas no Apêndice A.

Figura 5.17 — (a) Termografia da 3ª medição – 10 min. (b) Termografia da 9ª medição – 50 min.



Fonte: Autora (2021).



Fonte: Autora (2021).

Apesar de apresentar cor uniforme na superfície, não há presença de mancha ou quaisquer indicações de regiões mais frias na superfície. Por ser um material mais denso, com taxa de permeabilidade pequena, a água derivada da infiltração não consegue aflorar na superfície da placa cerâmica e por isso tende a se distribuir em toda a argamassa, diminuindo a temperatura de todo o pano de maneira lenta. Em casos reais, a água consegue aflorar nas partes do rejunte, material responsável por preencher as juntas de assentamento do revestimento cerâmico, deixando manchas esbranquiçadas na superfície.

O gráfico expresso na Figura 5.18 foi elaborado a partir dos dados obtidos da 2ª a 12ª medição, os quais foram substituídos na Eq 01, obtendo assim os valores dos gradientes de temperatura (ΔT).

Figura 5.18 — Representação gráfica da variação de temperatura do Protótipo 03.

Apesar de não existir nenhuma manifestação patológica, a água provocou uma queda de 1,4°C na temperatura na superficial. Contudo, depois de 1 hora após o fechamento do registro, a temperatura da superfície aumenta, chegando a 32,7°C.

b) Scanner de paredes – Detector de Materiais

Iniciada a infiltração, o Scanner localiza a tubulação no SP1 da 2ª a 6ª medição. Na 7ª medição o cano só é localizado parcialmente e a partir desta, o ponto só apresenta leitura total depois do fechamento do registro. Já o SP2 só é localizado quando o vazamento não ocorre: antes, quando a superfície esta seca e após, nas 11ª e 12ª medições. Quanto ao SP3, ele não foi localizado totalmente em todas as medições, independente da continuidade do vazamento.

A Tabela 5.3 mostra todas as leituras feitas pelo Scanner. As células marcadas com “x” representam os pontos que foram detectados, as preenchidas com “p” indicam que a leitura foi parcial, onde não aparece na tela a cruz que indica a presença do tubo e a células em branco indicam os pontos onde não foi possível localizar o cano.

Tabela 5.3 — Leituras do Scanner – Detector de Materiais: Protótipo 03.

Medições	Tempo decorrido	Leitura nos pontos de análise		
		sp1	sp2	sp3
2 ^a	5 min	x		x
3 ^a	10 min	x		x
4 ^a	15 min	x		x
5 ^a	20 min	x		x
6 ^a	25 min	x		x
7 ^a	30 min	p		x
8 ^a	40 min			x
9 ^a	50 min			x
10 ^a	60 min			x
11 ^a	1h	x	x	x
12 ^a	24h	x	x	x

Analogamente aos resultados dos protótipos 01 e 02, o scanner só apresenta consistência na leitura quando não há vazamento, pois na presença de um fluxo de água ou de umidade constante, o detector não escaneia a superfície totalmente.

5.4 RESULTADOS - PROTÓTIPO 04

A seguir se encontra a Figura do Protótipo 04, de dimensão 50 cm x 50 cm. A elevação foi construída com o tijolo maciço cerâmico e o acabamento executado foi a camada de pintura.

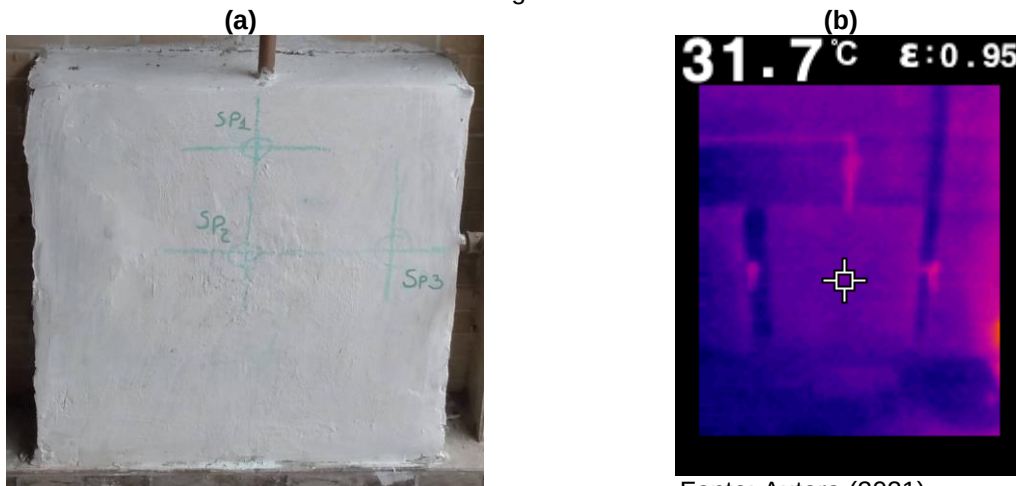
Figura 5.19 — Protótipo 04.

Fonte: Autora (2021).

a) Ensaio termográfico

Na primeira medição, o Protótipo 04 apresentou temperatura uniforme, igual a $T_s = 31,7^\circ\text{C}$, o que confirma que a superfície sem encontra seca, sem a presença de água. As Figuras 5.20(a) e 5.20(b) mostra as leituras realizadas na primeira medição.

Figura 5.20 — Imagens do ensaio de termografia: **(a)** Luz visível. **(b)** Câmera termográfica. .



Fonte: Autora (2021).

Fonte: Autora (2021).

Com apenas 1 minuto e 30 segundos após a abertura do registro, foi possível detectar mancha de umidade próxima a origem do vazamento, a qual percorre a canalização existente (Ver Figura 5.21(a)). Apesar da mancha de umidade na superfície ser detectada visualmente, a câmera termográfica não registrou mudança de temperatura (ver Figura 4.18(b)).

Figura 5.21 — Imagens da após 1 min e 30 s: **(a)** Luz visível. **(b)** Câmera termográfica. .



Fonte: Autora (2021).

Fonte: Autora (2021).

Aos 10 minutos de ensaio (3ª medição), a água causa uma expansão da mancha de umidade e conseqüentemente, uma queda na temperatura da superfície. As Figuras a seguir mostram a superfície a olho nu e a imagem obtida na termografia. Todas as leituras realizadas no ensaio de termografia estão ilustradas no Apêndice A.

Figura 5.22 — Imagens da 3ª medição: **(a)** Luz visível. **(b)** Câmera termográfica. .



Fonte: Autora (2021).

Fonte: Autora (2021).

Nesse momento, devido ao pequeno fluxo do vazamento, nota-se que a mancha de umidade não é visualizada na câmera termográfica apesar do registro da mudança de temperatura.

Na décima medição, após uma hora contínua de infiltração, a mancha de umidade ocupou uma pequena parte da superfície do protótipo 04 (Ver Figura 5.23(a)). Observa-se na Figura 5.23(b), zonas mais escuras na superfície, indicando a localização das regiões mais frias da superfície. Após a 10ª medição, o fluxo de água foi interrompido no protótipo 04.

Figura 5.23 — Imagens da 10ª medição: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica. .

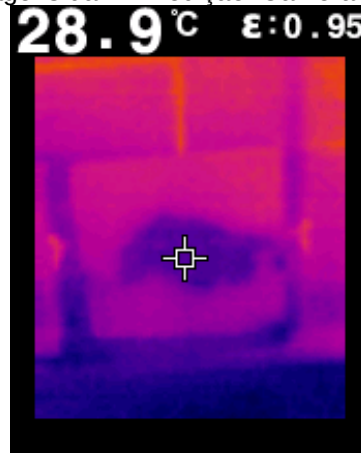


Fonte: Autora (2021).

Fonte: Autora (2021).

Após 1 hora (11ª medição) depois do fechamento do registro, foi feita uma nova leitura, essa expressa nas Figuras 5.24. Observa-se o início do espalhamento da umidade na argamassa, provocando assim a diminuição da temperatura de toda a superfície.

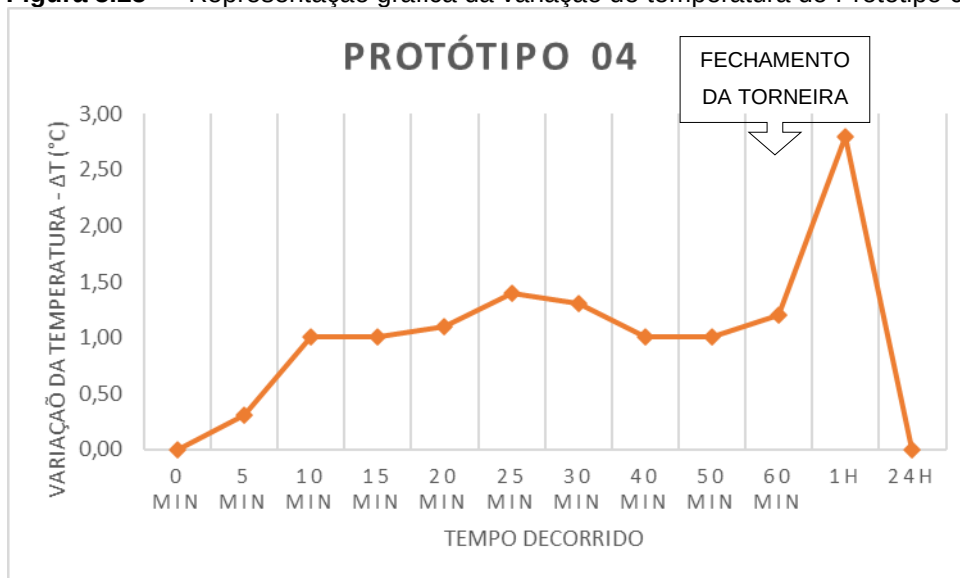
Figura 5.24 — Imagens da 11ª medição: Câmera termográfica. .



Fonte: Autora (2021).

Conforme discutido no item 3.3 desta dissertação, foi calculado os gradientes de temperaturas (ΔT) com base nos dados obtidos nas 2ª a 12ª medições. A partir destes, foi construído um gráfico com os valores de (ΔT) ao longo do tempo de ensaio, este expresso na Figura 5.25

Figura 5.25 — Representação gráfica da variação de temperatura do Protótipo 04.



A água infiltrada provocou uma queda de temperatura na superfície em 1,20°C durante o período de vazamento. Uma hora após a interrupção a umidade foi absorvida por toda a camada de argamassa, provocando um equilíbrio na temperatura superficial, analogamente ao protótipo 02.

Após 24 horas a temperatura subiu impossibilitando a visualização da infiltração ocorrida por meio da câmera termográfica. A Figura 5.26(b) mostra o registro feito a partir da termografia, onde apesar de apresentar mancha escura a temperatura registrada foi de 31,7°C.

Figura 5.26 — Imagens da 12ª medição: (a) Luz visível. (b) Câmera termográfica. .



Fonte: Autora (2021).

Fonte: Autora (2021).

Apesar da temperatura elevada, percebe-se que a superfície apresenta uma coloração mais escura em comparação a antes da simulação do vazamento. Além disso, é possível deduzir que ocorreu uma infiltração no protótipo 03 devido a manchas amareladas na superfície acabada, sinal de sintoma de infiltração.

b) Scanner de paredes – Detector de Materiais

Os pontos SP1, SP2 e SP3 foram determinados com o protótipo ainda seco, e analisados a cada medição com o Scanner, este posicionado em cada ponto predeterminado.

Na segunda medição, o scanner localiza totalmente o tubo apenas no SP1 e SP2, porém nas medições seguintes, há variação quanto a precisão do Scanner. O SP1 é detectado totalmente durante o ensaio, sem variação da leitura do Detector. No SP2, só obtém leitura total na última medição, com 24 horas após a interrupção do vazamento.

Já o SP3 é localizado totalmente pelo Scanner, exceto na 10ª medição (60 minutos). A Tabela 4.4 mostra todas as leituras feitas pelo Scanner no protótipo 02. A interpretação desta tabela é análoga a da Tabela 5.4 do protótipo 01.

Tabela 5.4 — Leituras do Scanner – Detector de Materiais: Protótipo 04.

Medições	Tempo decorrido	Leitura nos pontos de análise
----------	-----------------	-------------------------------

		sp1	sp2	sp3
2 ^a	5 min	x		x
3 ^a	10 min	x	p	x
4 ^a	15 min	x	p	x
5 ^a	20 min	x	p	x
6 ^a	25 min	x	p	x
7 ^a	30 min	x	p	x
8 ^a	40 min	x	p	x
9 ^a	50 min	x	p	x
10 ^a	60 min	x	p	p
11 ^a	1h	x	p	x
12 ^a	24h	x	x	x

Semelhante ao Protótipo 02, percebe-se que a umidade influencia na precisão do equipamento, só sendo possível a sua utilização com um nível de confiança aceitável quando o vazamento se encontra cessado, sem água.

5.5 DISCUSSÃO

Conforme os dados obtidos e as análises realizadas, pode concluir que:
(Quadro 5.1)

Quadro 5.1 — Resultados dos ensaios de termografia e scanner.

Protótipos	Tipologia	Acabamento	Infiltração detectada a olho nu	Infiltração detectada pela termografia	Deteção total no Scanner
Parede 01	Tijolo maciço	Placa Cerâmica	Não	Não	Não
Parede 02	Tijolo maciço	Pintura	Sim	Sim	Não
Parede 03	Tijolo cerâmico	Placa Cerâmica	Não	Não	Não
Parede 04	Tijolo cerâmico	Pintura	Sim	Sim	Não

Assim como Santos *et al* (2019), as manchas de umidade só foram detectadas nas paredes com revestimento de pintura, devido a propriedade de pouca porosidade da placa cerâmica e da característica estanque à água e gases

dos revestimentos cerâmicos. Concorde-se então com Santos *et al* (2019) que em revestimentos impermeáveis, como as placas cerâmicas, devido à limitação da evaporação, há uma certa dificuldade na detecção da umidade pela câmera termográfica, fato esse que é comprovado pelo valor máximo de ΔT igual a $1,4^{\circ}\text{C}$.

Além do mais, o que parece definir a precisão da leitura da câmera termográfica é o tipo de revestimento e não a tipologia da alvenaria de vedação. As Paredes 02 e 04, apesar de serem constituídas por materiais diferentes, ambas apresentaram manchas de umidade as quais foram detectadas no ensaio de termografia infravermelha, concordando com o autor Al Alam (2016).

Al Alam (2016) fez o experimento em 5 protótipos, sendo 2 paredes construídos com tijolos maciços, 2 com tijolos furados e 1 de concreto armado. Todos os resultados registrados pela termocâmara mostraram com clareza a ação da água nos protótipos desde as primeiras medições até o final do processo. (AL ALAM, 2016)

No caso de paredes com revestimento cerâmico percebe-se que a câmera não é tão eficaz na detecção de zonas de umidades devido a pequena variação de temperatura da superfície, sendo necessário para este caso, a utilização de outro equipamento para detecção do vazamento constante, como por exemplo a haste de escuta, descrita no item 3.5.3 desta peça técnica.

Em relação ao scanner, percebe-se que a umidade acaba confundindo as ondas dos equipamentos, prejudicando a precisão da leitura. As leituras realizadas pelo detector durante o vazamento não foram constantes. Nenhum dos protótipos apresentou a detecção total nos três pontos (SP1, SP2 e SP3) determinados.

Indubitavelmente, a análise que mais se destaca deste ensaio é feita a partir dos dados da 12ª medição. Nesta medição, 24 horas após a interrupção do vazamento, as paredes com revestimento de pintura ainda conseguem apresentar regiões escuras nas imagens termográficas, mesmo não sofrendo variação de temperatura.

A área mais escura, detectada pela câmera termográfica, delimita a região de ação da água advinda do vazamento, mas não determina o local exato da tubulação. Nesse momento de dúvida, é utilizado o Scanner ou detector de materiais para localizar o cano na mancha de umidade, o que mostra um resultado otimista quanto a detecção em superfície sobre vazamento não constante.

Outro fator que auxilia a utilização do Scanner é mancha amarelada na superfície dos protótipos 02 e 04. Tal fato comprova a manifestação patológica “Eflorescência”, discutida por Ferreira e Garcia (2016). O sintoma é um indicativo de que houve umidade naquela região, delimitando o local de ação da água provinda do vazamento não-visível.

Como discutido anteriormente, a termografia infravermelha não detectou pontos frios em revestimentos cerâmicos, durante e após o vazamento. Não obstante o Scanner de parede detectou a tubulação após a interrupção da infiltração, semelhante ao que ocorreu com os protótipos 02 e 04. Tal fato enaltece a importância dos ensaios complementares, estes presentes no levantamento de subsídios do método prático na Patologia proposto por Lichtenstein (1986).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES.

Considerando os resultados obtidos nos 04 protótipos de alvenaria cerâmica analisados (2 de tijolo maciço e 2 de tijolo furado), é possível afirmar que a termografia infravermelha apresenta potencial na detecção de vazamentos ocultos constantes em paredes com revestimento permeável, concordando com os estudos de AL Alam (2016) e Santos *et al* (2019).

Todavia, a utilização do Scanner em paredes com vazamento constante apresentou resultados insatisfatórios visto que a leitura do equipamento é afetada pela presença de umidade na superfície.

Em elevações com revestimento compostos por materiais impermeáveis, conclui-se que a termografia infravermelha não é o método mais indicado para detecção de vazamentos não visíveis. Mesmo utilizando outro equipamento de termografia, Santo *et al* (2019) constatou que “fatores como a secagem do material e o uso de revestimento impermeável podem afetar a formação de contrastes térmicos entre áreas secas e úmidas, limitando a eficiência da técnica.” (SANTOS *et al*, 2019). Para estes casos, cabe ao profissional realizar outros ensaios, dentre os expostos no item 2.5 deste capítulo, sempre os associando aos conhecimentos sobre a ciência Patologia.

Quando o vazamento não é constante, como ocorrido nas 11º e 12º medições, mesmo que a termografia não indique variação na temperatura na alvenaria, o escaneamento da superfície com o Detector de Materiais consegue indicar a localização ou a inexistência da tubulação na área que apresentou a manifestação patológica, o que pode proporcionar maior confiança na locação do vazamento na elevação.

Desse modo, pode-se afirmar que o uso conjunto da termografia infravermelha e do scanner – detector de materiais não aumenta a eficiência da detecção de vazamento não visíveis. O scanner apenas auxilia na localização da tubulação na alvenaria quando esta se encontra seca, sem umidade. A termografia consegue detectar a área onde ocorreu o vazamento em superfícies revestidas com

materiais permeáveis, mas não indica o ponto de origem do vazamento, podendo assim ser utilizada como ferramenta auxiliar ao método de análise das manifestações patológicas definido por Lichtenstein (1986)

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Por último, sugere-se para a realização de trabalhos futuros:

- Aplicação do método estudado nesta peça técnica em situações reais de vazamentos não visíveis, com intuito de constatar a sua eficiência e aplicabilidade;
- Desenvolvimento da metodologia em diversas tipologias construtivas, como wood frame, drywall, concreto armado, bloco cerâmico estrutural e bloco de concreto estrutural, além da diversificação do tipo de revestimento das elevações;
- Desenvolvimento da metodologia do ensaio da termografia utilizando água com diferentes temperaturas para alimentação dos protótipos: água quente e gelada.
- Utilização de outros equipamentos associados a termografia na pesquisa, que possam detectar a presença de tubulação na edificação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626 – Sistemas prediais de água fria e água quente: projeto, execução, operação e manutenção**. Rio de Janeiro. 2020

_____. **NBR 10844 – Instalações prediais de água pluviais**. Rio de Janeiro. 1988.

_____. **NBR 13752 – Perícias de engenharia na construção civil**. Rio de Janeiro. 1996.

_____. **NBR 15575-1 – Edificações habitacionais – Desempenho: parte 1: requisitos gerais**. Rio de Janeiro. 2013.

_____. **NBR 15575-6 – Edificações habitacionais – desempenho: parte 6: requisitos para os sistemas hidrossanitários**. Rio de Janeiro. 2013.

AL ALAM, Fernando Wulff. **Potencialidade da termografia na detecção de manifestações patológicas associadas à umidade accidental**. 146 páginas. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufpel.edu.br/bitstream/prefix/5221/1/Fernando%20Al%20Alam_DISSERTACAO.pdf>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2021.

CONCEIÇÃO, Alessandro Pucci da. **Estudo da incidência de falhas visando a melhoria da qualidade dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. 143 páginas. Dissertação (Mestrado) - UFSCar. São Carlos. São Paulo, 2008.

COSTA, Robson Fontes da. **A importância do treinamento em técnicas de detecção de vazamentos não visíveis - Estudo de caso na Região Bragantina**. Revista Hydro, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.pos.cps.sp.gov.br/files/artigo/file/774/8404b7ce622d67a35a0d486f204e5adf.pdf>>. Acesso em: 09 dezembro 2020.

FERREIRA, Diogo Martins; GARCIA, Guido Cavalcanti. **Patologia de revestimentos históricos de argamassa: o caso da ação da água na igreja de São Francisco da Prainha, Rio de Janeiro**. 80 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás., Goiânia, 2016.

GNNIPER, Sérgio Frederico.; MILKADO JR., Jorge. **Patologias frequentes em sistemas prediais hidráulicos-sanitários e de gás combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto**. "in Anais do VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. Curitiba, 2007. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/55289233-Patologias-frequentes-em-sistemas-prediais-hidraulico-sanitarios-e-de-gas-combustivel-decorrentes-de-falhas-no-processo-de-producao-do-projeto.html>>. Acesso em: 05 dez. 2020.

JÚNIOR, Roberto de Carvalho. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias: princípios básicos para elaboração de projeto** [livro eletrônico]. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2014. 262 p. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/158622/pdf/0?code=+xBwslp8WUY894BFW10AbBmkRoOadRIZ55jDz6fNLKrUS7n7/2tR9Pz/XS84DgTnKmXvxl+A E5OA9QhTZBBlw==>>>. Acesso em: 05 out. 2020.

JÚNIOR, Roberto de Carvalho. **Patologias em Sistemas Prediais Hidráulico-Sanitários**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2018. 226 p.

JÚNIOR, Roberto de Carvalho. **Instalações prediais hidráulicas e Projeto de Arquitetura**. 12º. ed. São Paulo: Blucher, 2019. 398 p.

LEITE, Allan Mychel de Souza. **Análise das patologias recorrentes em instalações prediais hidrossanitárias**. Universidade Federal Rural do Semi-árido. Mossoró, Rio Grande do Norte, p. 59. 2017.

LICHTENSTEIN, Norberto. B. **Patologia das construções: procedimentos para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1986.

NETTO, J. M. D. A. et al. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Blucher, 1998.

REAL, Pimentel. **Patologias nos sistemas prediais de distribuição e de drenagem de água. Recomendações para a melhoria da qualidade**. 2º Encontro Nacional dsobre Qualidade e Invação na Construção. Lisboa, Portugal, p. 32. 2016.

RIGHI, Geovane Venturini. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções - análise de casos**. 95 páginas. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2009.

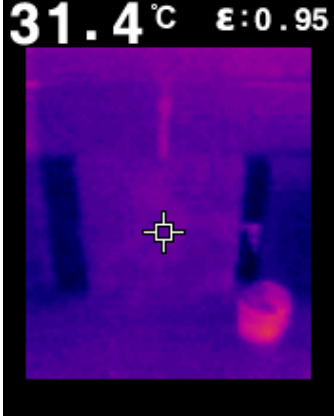
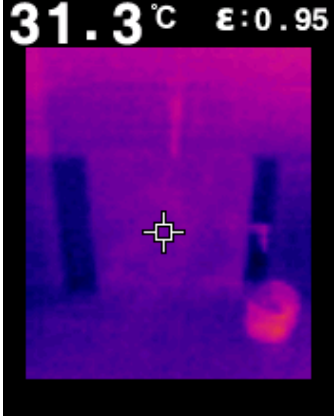
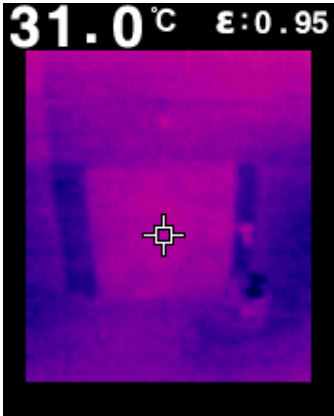
RODRIGUES, C.; SILVA-AFONSO, A. **A qualidade na construção ao nível das instalações prediais de águas e esgostos. Situação e perspectiva em Portugal**. Congresso Construção 2007, Coimbra, Portugal, 17 a 19 Dezembro 2007. Disponível em: <<https://anqip.pt/index.php/pt/links-uteis/100-links-uteis-bibliografia>>. Acesso em: 07 dez. 2020.

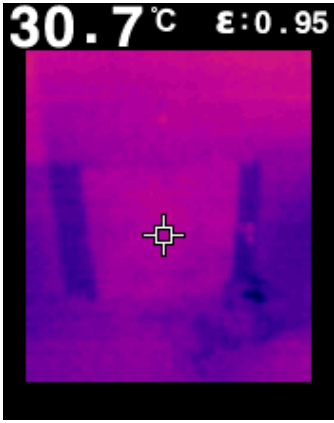
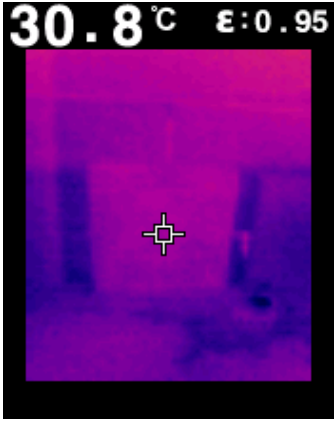
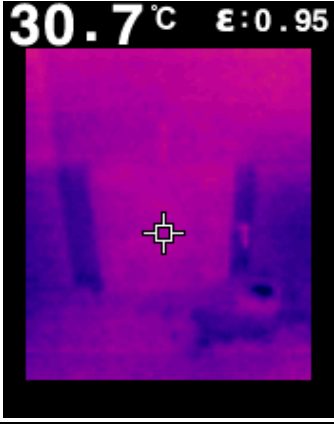
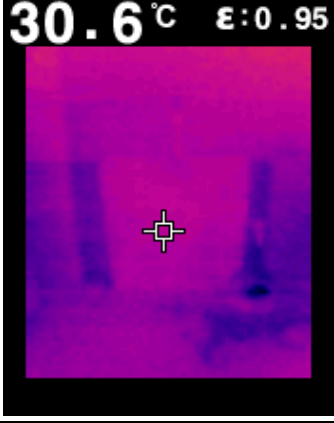
SANTOS,. F. dos; ROCHA, J. H. A.; PÓVOAS, Y. V. **Utilização da termografia infravermelha para detecção de focos de umidade em paredes internas de edificações**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 105-127, jan./mar. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212019000100296> Acesso em: 04 mar 2021.

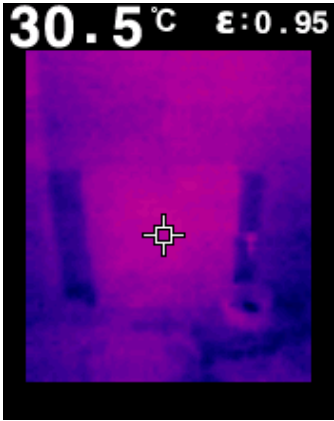
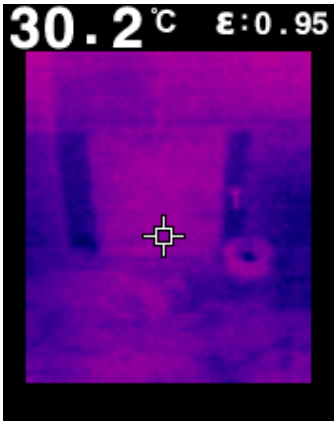
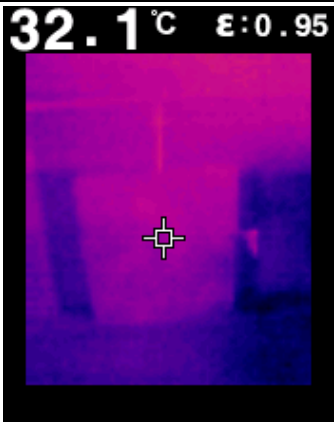
SHIRAKAWA, Márcia Aiko. A. et al. **Identificação de fungos em revstimentos de argamassa com bolor evidente**. Anais- I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Goiania, p. 402 p. - 410 p., 1995. Disponível em: <<https://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/36-identificacao-de-fungos-em-revestimentos-de-argamassa-com-bolor-evidente>>. Acesso em: 09 dez 2020.

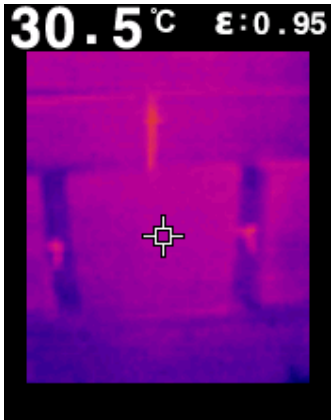
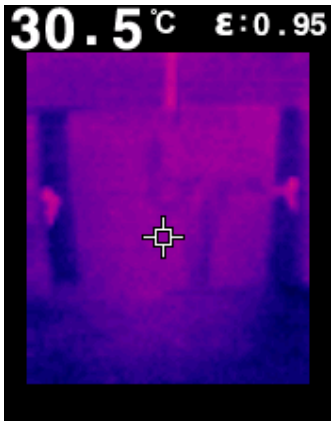
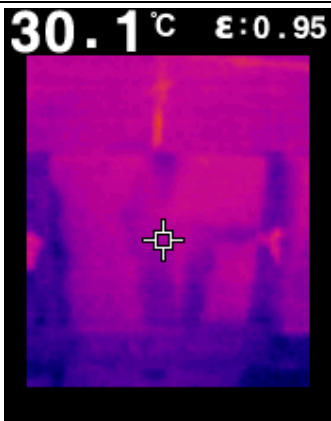
TEIXEIRA, Paula de C. et al. **Estudo de patologias nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários do prédio do ciclo básico II da UNICAMP**. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, p. 34-50, 2011.

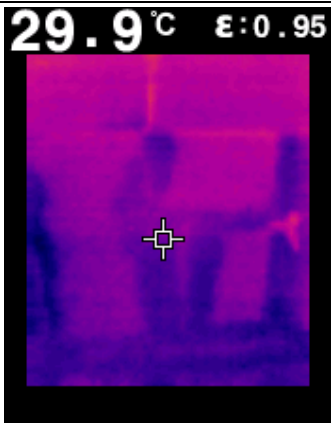
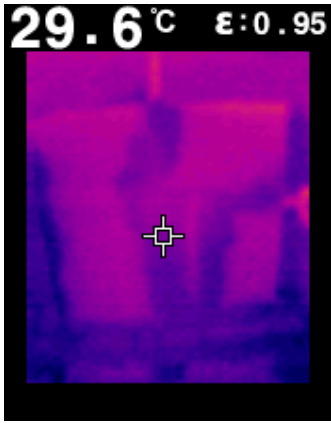
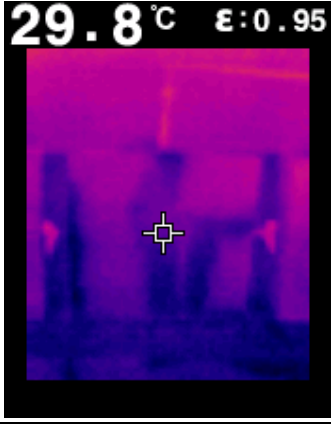
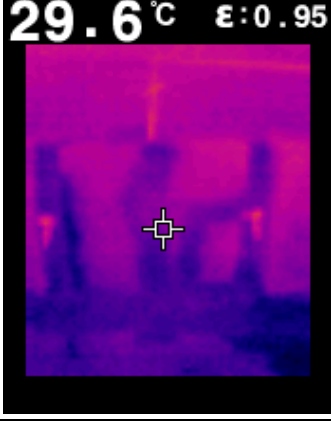
APÊNDICE A — RESULTADO DO ENSAIO TERMOGRÁFICO

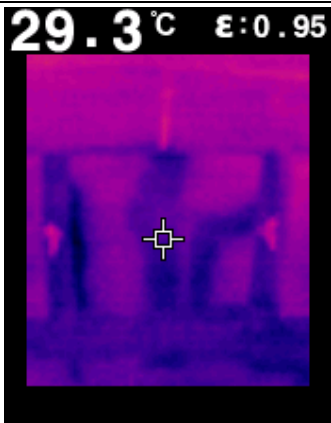
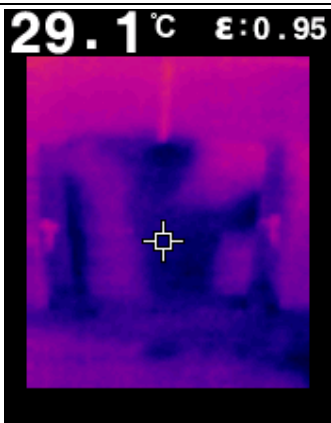
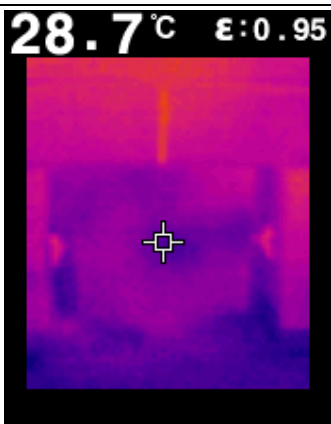
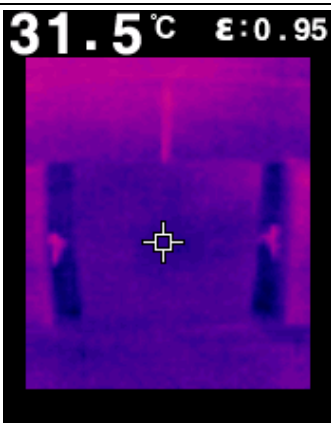
PROTÓTIPO 01	
MEDIÇÕES	TERMOGRAFIA
1ª Medição	
2ª Medição	
3ª Medição	
4ª Medição	

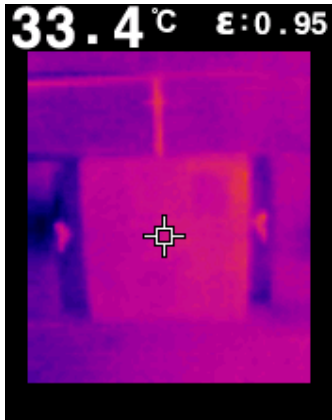
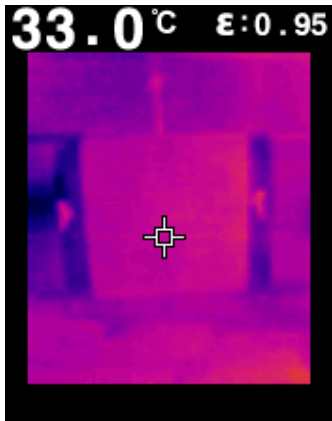
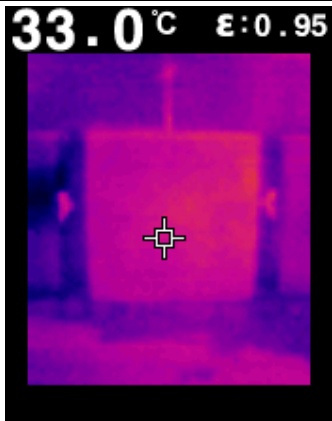
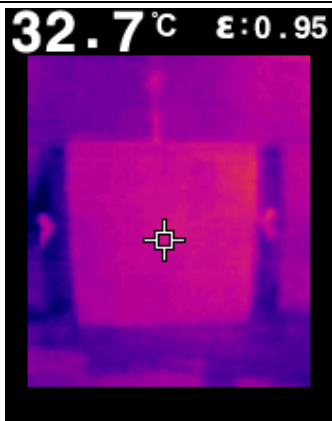
5ª Medição	
6ª Medição	
7ª Medição	
8ª Medição	

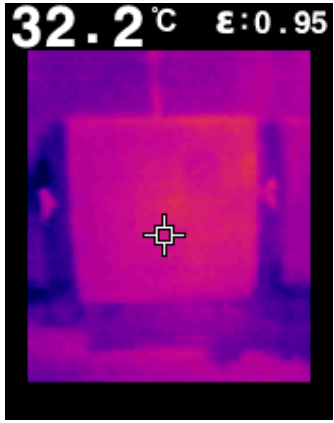
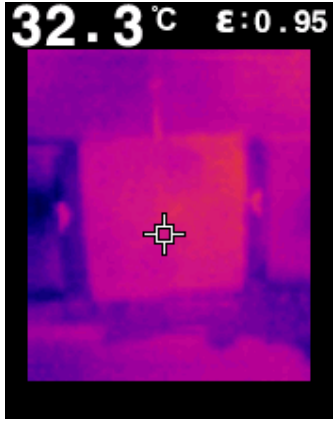
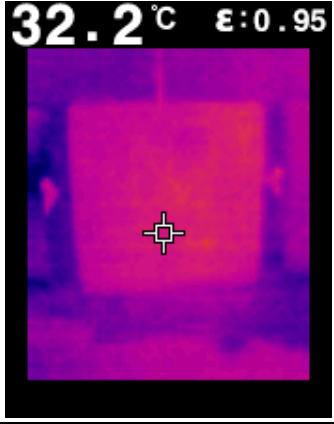
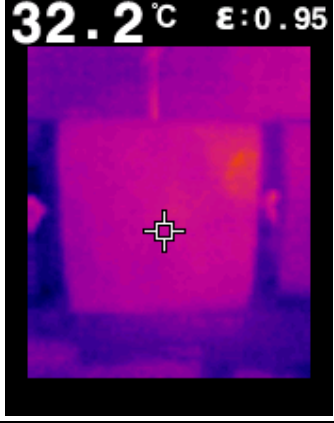
9ª Medição	
10ª Medição	
11ª Medição	
12ª Medição	

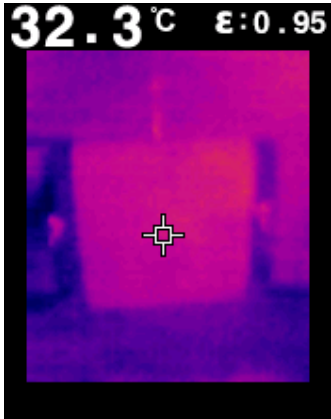
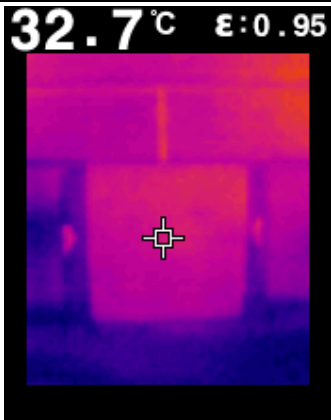
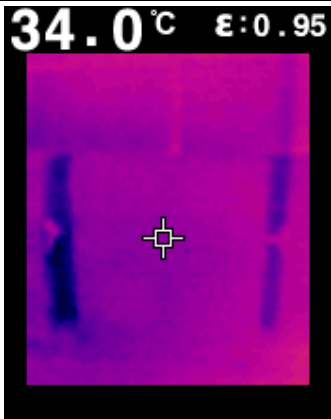
PROTÓTIPO 02	
MEDIÇÕES	TERMOGRAFIA
1ª Medição	
2ª Medição	
3ª Medição	
4ª Medição	

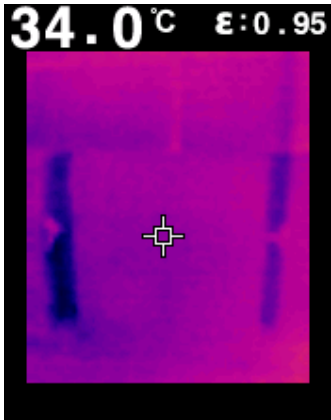
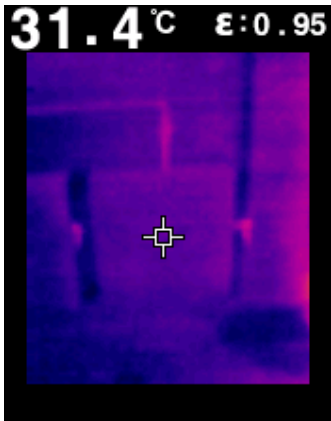
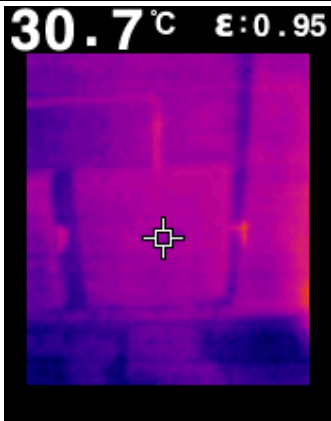
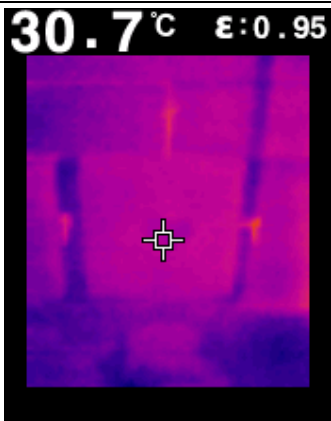
5ª Medição	
6ª Medição	
7ª Medição	
8ª Medição	

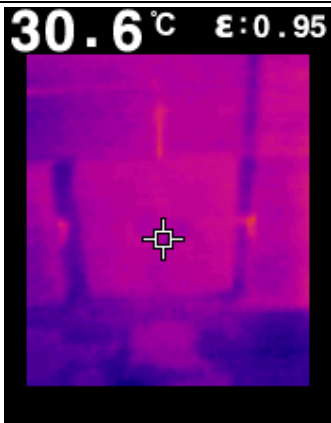
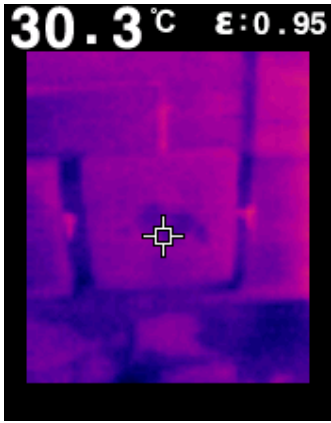
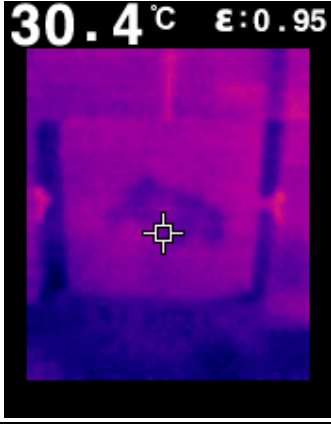
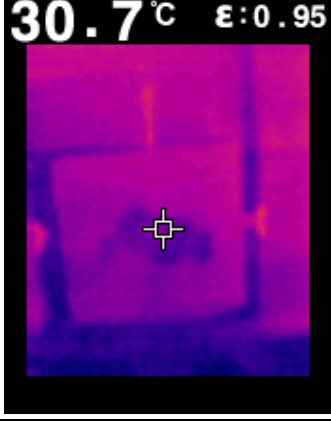
9ª Medição	
10ª Medição	
11ª Medição	
12ª Medição	

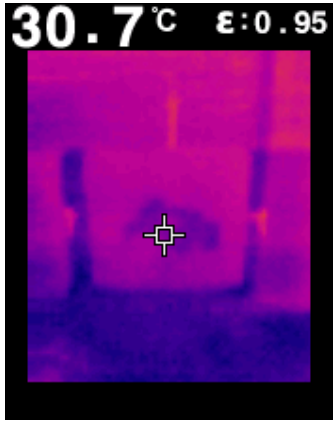
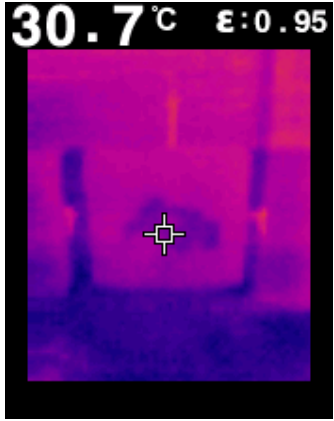
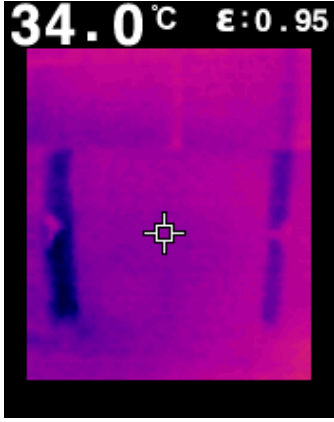
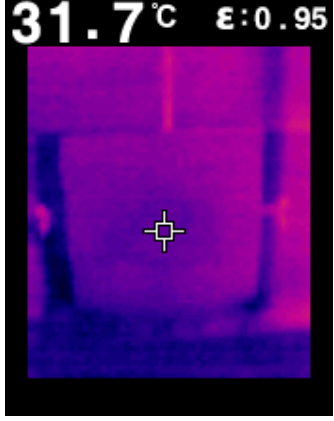
PROTÓTIPO 03	
MEDIÇÕES	TERMOGRAFIA
1ª Medição	
2ª Medição	
3ª Medição	
4ª Medição	

5ª Medição	 32.2°C $\epsilon: 0.95$
6ª Medição	 32.3°C $\epsilon: 0.95$
7ª Medição	 32.2°C $\epsilon: 0.95$
8ª Medição	 32.2°C $\epsilon: 0.95$

9ª Medição	
10ª Medição	
11ª Medição	
12ª Medição	

PROTÓTIPO 04	
MEDIÇÕES	TERMOGRAFIA
1ª Medição	
2ª Medição	
3ª Medição	
4ª Medição	

5ª Medição	
6ª Medição	
7ª Medição	
8ª Medição	

9ª Medição	 30.7°C $\epsilon: 0.95$
10ª Medição	 30.7°C $\epsilon: 0.95$
11ª Medição	 34.0°C $\epsilon: 0.95$
12ª Medição	 31.7°C $\epsilon: 0.95$

**ANEXO A – CARACTERISTICA DO EQUIPAMENTO: DETECTOR D-TECT 120
PROFESSIONAL**

DADOS TÉCNICOS	
Dados adicionais	
Tecnologia de radar da Bosch	Sim
Profundidade máx. de detecção	120 mm
Objetos detectáveis	Metais magnéticos (p. ex. ferro), metais não magnéticos (p. ex. cobre), condutores elétricos, condutores não energizados, tubos de plástico cheios de água, subestruturas em madeira
Profundidade de detecção, metal magnético, máx.	120 mm
Profundidade de detecção, metal não magnético, máx.	120 mm
Profundidade de detecção dos cabos energizados, máx.	60mm
Profundidade de detecção, subestruturas de madeira, máx.	38 mm
Precisão	± 10 (depende do uso) mm
Visualizações	Vista do local
Tipos de parede	Concreto, Gesso cartonado, Universal
Identificação do material	Cabo energizado
Alimentação elétrica	Bateria de lítio de 12 V ou 4 pilhas LR6 (AA) de 1,5 V
Desconexão automática, aprox.	5 minutos 0,5 kg
Peso aprox.	Dual Power (10,8 V/4 x 1,5 V LR6 AA); Esquadro de centrar com indicador de direção do objeto
Função adicional	

**ANEXO B – CARACTERÍSTICA DO EQUIPAMENTO: CAMERA TERMOGRÁFICA
FLIR TG165X**

VISÃO GERAL	
Laser	Class 1
Mira Laser	Indicando o tamanho da área de medição
Resolução	2 MP (1600 x 1200 pixels)
Tamanho [C x L x A]	210 x 64 x 81 mm (8.3 x 2.5 x 3.2 in)
Tecnologia do Display	TFT
AMBIENTAL	
Campos magnéticos	EM 61000-4-8 classe 3
Choque	25 g (IEC 60068-2-27)
Correção de Emissividade	Sim: 4 níveis predefinidos com ajuste personalizado de 0.1-0.99.
EMC	EM 61000-6-3/EM 61000-6-2/FCC 47 CFR Parte 15 Classe B
Encapsulamento	IP54 (IEC60529)
Segurança Ambiental	REACH Norma Regulamentadora EC 1907/2006; RohS2 Diretriz 2011/65/EC; WEEE Diretriz 2012/19/EC; JIS C 6802:2011 diretriz do laser (em andamento); IEC 60825-1 classe I laser diretriz; FDA laser.
Espectro de Rádio	ETSI EN 300 328/FCC Part 15.249/RSS-247 Issue 2/EM 301 489-1:2011/EM 301 489-17:2009
Faixa de Temperatura de Armazenamento	-30 °C a 55°C (-22°F a 131°F)
Faixa de Temperatura Operacional	-10°C a 45°C (14°F a 113°F)
Requisito de Umidade	IEC 60068-2-30/24h 95% Umidade relativa 25°C a 70°C/ 2 Ciclos (Armazenamento): IEC 60068-2-30/ 24h 85% Umidade Relativa 25°C a 40°C/ 2 Ciclos (Operação)
Montagem em tripé	UNC 1/4"-20
Queda	Projetada para 2 metros (6.56ft)
Segurança	CE/CB/EN61010/UL
Umidade (em operação e armazenamento)	0–90% umidade relativa (RH) (0°C a 37°C (32°F a 98.6°F)); 0–65% RH (37°C a 45°C (98.6°F a 113°F)); 0–45% RH (45°C a 55°C (113°F a 131°F))
Vibração	2 gramas (IEC 60068-2-6)
CONEXÕES E COMUNICAÇÕES	
Interface	USB 2.0
Mídia de Armazenamento	eMMC 4 GB
USB	USB Tipo-C: transferir dados/carregar
USB – Padrão	USB Tipo-C High Speed; data transferir dados/carregar
DADOS DO MEDIDOR	
Material do Vidro de Proteção	Silício de grau óptico

DADOS FÍSICOS	
Peso [com bateria]	0.394 kg (13.9 oz)
ESPECIFICAÇÕES DO IV DE PONTO	
Relação de Distância até o Ponto (D:S)	24:1
GERAÇÃO DE IMAGEM ÓPTICA	
Ajuste da Imagem	Automático
Ângulo de Visualização	80°
Aprimoramento de imagem digital	Não
Atualização do software da câmera	Use PC Software FLIR Tools
Campo de Visão	71° × 56°, adapta-se a lente IR lens
Campo de visão (FOV)	51° × 66°
Distância Focal Mínima	0.3 metros (0.98 ft.)
Distância Mínima de Medição	0.26 metros (0.85 ft.)
Foco	Fixo
Frequência da Imagem	8.7 Hz
Galeria	Sim
Matriz de Plano Focal (FPA) – Faixa espectral	Microbolômetro não resfriado /7.5–14 μ m
Modos de Imagem	MSX® (Multi Spectral Dynamic Imaging), visual
Paletas de cores	Ferro, Arco-íris, Branco quente, Preto quente, Ártico, Lava
Pitch do Detector	17 μ m
Profundidade de Cor	24-bit
Resolução de IV	80 × 60 pixels
Resolução do Display	320 × 240 pixels
Saída de Luz	100 lumens
Sensibilidade Térmica/NETD	<70 mK
Taxa de proporção	4:3
Tempo de Resposta	150 ms
Visual with Temperature Reading	Sim
LANTERNA	
Lanterna	LED on/off
MEDIÇÃO E ANÁLISE	
Comando de configuração	Adaptação local de unidades, formatos de idioma, data e hora; Brilho da tela (alto, médio, baixo); Galeria, exclusão de imagens
Faixa de Temperatura de Objetos	-25°C a 300°C (-13°F a 572°F)
Fotômetro	Ponto central ligado/desligado
Idiomas	Tcheco, dinamarquês, holandeses, inglês, finlandês, francês, alemão, grego, húngaro, italiano, japonês, coreano, norueguês, polonês, português, russo, chinês simplificado, espanhol, sueco, chinês tradicional, turco
IR Medição do termômetro	Varredura contínua
Precisão	50°C a 100°C (122°F a 212°F), acc. $\pm 1.5^\circ\text{C}$ ($\pm 3^\circ\text{F}$); 0°C a 50°C (32°F a

	122°F) and 100°C a 300°C (212°F a 572°F), acc. $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5^{\circ}\text{F}$); -25°C a 0°C (-13°F a 32°F), acc. $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ($\pm 7^{\circ}\text{F}$)"
Repetibilidade de leitura	$\pm 1\%$ de leitura ou $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (2°F), o que for maior
Resolução de Temperatura de IV	0.1°C (0.2°F)
MÍDIA DE ARMAZENAMENTO	
Capacidade de Armazenamento de Imagem	50.000 imagens
Formato de Arquivo de Imagem	JPEG com temperatura pontual na metatag
POTÊNCIA	
Duração de carregamento de bateria	30 dias no mínimo
Gerenciamento de Energia	Ajustável: desligado, 5 minutos, 15 minutos, 30 minutos
Sistema de carregamento	A bateria é carregada dentro da câmera
Temperatura de Carregamento	0°C a 45°C (32°F a 113°F)
Tempo de Carregamento	4 hours a 90%, 6 hours a 100%
Tempo Operacional da Bateria	5 horas de escaneamento (LCM brilho médio); 4.5 horas com o laser ligado (LCM brilho médio)
Tensão da bateria	3.7 V
Tipo de bateria	Bateria recarregável de íon de lítio
RECURSOS FÍSICOS	
Tamanho da Tela	2.4 em estilo retrato
Brilho da Superfície [cd_m2]	400.0