

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

GABRIELA TAVARES SANTIAGO

**ESTUDO SOBRE A APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA COMO TÉCNICA DE
INSPEÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS**

**CAXIAS DO SUL
2020**

GABRIELA TAVARES SANTIAGO

**ESTUDO SOBRE A APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA COMO TÉCNICA DE
INSPEÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção da aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II – Engenharia Civil sob a orientação da prof. Me. Mauricio Schäfer e a coordenação do prof. Me. Matheus Lemos Nogueira.

**CAXIAS DO SUL
2020**

GABRIELA TAVARES SANTIAGO

**ESTUDO SOBRE A APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA COMO TÉCNICA DE
INSPEÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção da aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II – Engenharia Civil sob a orientação da prof. Me. Mauricio Schäfer e a coordenação do prof. Me. Matheus Lemos Nogueira.

Aprovada em 14/12/2020

Banca Examinadora

Prof Me. Maurício Schafer
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof Me. Muriel Scopel Froener
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof Me. Vinício Cecconello
Universidade de Caxias do Sul – UCS

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Fabiano Rocha Santiago e Odete Tavares Santiago, por acreditarem em minhas escolhas e por todo incentivo e esforço para que seja possível realizar cada uma delas.

Aos meus tios Gilnei Moreira dos Santos e Michele Santos que não mediram esforços para me apoiar durante toda a graduação.

A Rafaela Casa Betiol, pela amizade e pelas palavras de ânimo e coragem, agradeço também aos seus pais Cláudia Mara Casa Betiol e Noemir Francisco Betiol e a sua irmã Isabela Casa Betiol por todo incentivo e por sempre comemorarem cada conquista minha ao longo deste período.

Agradeço a professora Mara Zeni Andrade e a Joice Duarte, pelos ensinamentos durante o período que participei da iniciação científica no Laboratório de Membranas e Materiais, agradeço também a todos os amigos e colegas de pesquisa, Cauê Brasil, Debora Scopel, Iago Pelegrini, Isadora Gradaschi Zambon e Luiza Perin por compartilharem seu conhecimento e pelos momentos de confraternização. Agradeço, em especial, ao meu colega de profissão, Matheus Vosgnach pela parceria de sempre.

Agradeço as amigas Ana Cláudia Andreazza pelos momentos de distração e leveza e a Luísa da Rosa por todas os momentos que passamos juntas estudando para as provas e concluindo trabalhos. Vocês foram fundamentais durante essa caminhada.

Por fim, agradeço ao meu orientador, Mauricio Schafer, ao Professor Alexandre Viecegli e ao Laboratório de Novas Tecnologias de Produção da UCS pela prontidão e por me auxiliarem na realização deste trabalho. Agradeço também aos demais professores, colegas, familiares e amigos que de alguma forma contribuíram para minha formação.

RESUMO

SANTIAGO, G. T.. **Estudo sobre a aplicação da termografia como técnica de inspeção de manifestações patológicas em fachadas**. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Caxias do Sul - UCS. Caxias do Sul, p. 113. 2020.

As manifestações patológicas afetam o desempenho dos componentes das edificações e podem ser originadas devido a falhas no projeto, escolha dos materiais, processos executivos, uso e envelhecimento natural. As fachadas têm como função proteger a edificação dos agentes de deterioração, oferecer estanqueidade a água, absorver deformações e garantir o isolamento termo acústico, ainda, seu revestimento deve possuir aderência e destes os mais comuns são os de argamassa ou cerâmicos. Por serem um componente externo das edificações, estão mais suscetíveis a ação dos agentes de degradação e por consequência disso ao aparecimento de manifestações patológicas, como por exemplo, descolamentos, fissuras e manchas. A inspeção das fachadas geralmente é prejudicada por questões de logística, como a altura e intervenção de edifícios em ocupação e, além disso, os ensaios para comprovação dos defeitos em sua maioria são do tipo destrutivo. Tendo em vista isto, a termografia mostra-se como uma forma de intervenção em potencial. Considerando esses aspectos, o presente trabalho tem como objetivo utilizar a termografia como ensaio não destrutivo para análise de manifestações patológicas em fachadas de duas edificações com diferentes idades de construção. A aquisição dos termogramas em fachadas norte e sul, com revestimento de argamassa e com tijolos aparentes, foi realizada nos períodos da manhã e tarde. Os termogramas foram analisados qualitativamente de forma visual e quantitativamente por meio da função de contraste Delta-T. Os principais resultados obtidos apontam que os maiores Delta-T's são capturados no período da manhã, sendo esse o turno o mais propício para identificação de manifestações patológicas sob as condições climáticas vigentes durante os ensaios.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Agentes de degradação. Fachadas. Termografia.

ABSTRACT

SANTIAGO, G. T.. **Study on the application of thermography as a technique for inspecting pathological manifestations on facades.** Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Caxias do Sul - UCS. Caxias do Sul, p. 113. 2020.

Pathological manifestations affect the performance of building components and can be caused by faults in the design, choice of materials, executive processes, use and natural aging. The façades have the function of protecting the building from deterioration agents, offering water tightness, absorbing deformations and guaranteeing thermo-acoustic insulation, yet its covering must have adhesion and the most common of these are mortar or ceramic. As they are an external component of buildings, they are more susceptible to the action of degradation agents and consequently to the appearance of pathological manifestations, such as, for example, detachments, cracks and stains. The inspection of the facades is usually hampered by logistical issues, such as the height and intervention of buildings under occupation and, in addition, the tests to prove defects are mostly destructive. In view of this, thermography shows itself as a form of potential intervention. Considering these aspects, the present work aims to use thermography as a non-destructive test to analyze pathological manifestations in facades of two buildings with different ages of construction. The acquisition of thermograms on north and south façades, with mortar lining and exposed bricks, was carried out in the morning and afternoon. Thermograms were analyzed qualitatively visually and quantitatively using the Delta-T contrast function. The main results obtained indicate that the largest Delta-T's are captured in the morning, this being the most suitable shift to identify pathological manifestations under the prevailing climatic conditions during the tests.

Keywords: Pathological manifestations. Degradation agents. Facades. Thermography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Origem dos problemas patológicos com relação as etapas de produção e uso das obras civis.....	17
Figura 2 – Insolação nos últimos 5 anos em Caxias do Sul.....	21
Figura 3 – Temperaturas nos últimos 5 anos em Caxias do Sul.....	22
Figura 4 – Precipitação últimos 5 anos Caxias do Sul.....	23
Figura 5 – Camadas do revestimento de argamassa	26
Figura 6 – Camadas revestimento cerâmico.....	26
Figura 7 – Parâmetros considerados na concepção de uma fachada	28
Figura 8 – Tensões sobre revestimentos: a) cisalhamento entre peças e argamassa colante b) encurtamento da base e desprendimento das peças	33
Figura 9 – Retração da argamassa: a) compressão do revestimento b) abaulamento das placas cerâmicas c) colapso das placas cerâmicas	33
Figura 10 – Detecção de destacamento em uma fachada a) Termograma da fachada b) fotografia da fachada.....	39
Figura 11 – Influência da emissividade dos diferentes materiais.....	40
Figura 12 - Etapas de realização do trabalho.....	42
Figura 13 - Localização do Restaurante Universitário	43
Figura 14 - Fachadas Sul do Restaurante Universitário.....	44
Figura 15 - Fachadas Norte do restaurante universitário: a) revestimento de argamassa b) tijolo aparente	45
Figura 16 - Localização do Bloco 46.....	45
Figura 17 - Fachadas do Bloco 46: a) Tijolo aparente (sul) b) Tijolo aparente (norte) c) Revestimento de argamassa (sul) d) Revestimento de argamassa (norte)	46
Figura 18 – Câmera termográfica FLIR 360.....	47
Figura 19 - Nomenclatura das áreas de fachada	49
Figura 20 - Nomenclatura das áreas de fachada do restaurante universitário a) ao sul b) ao norte	50
Figura 21 - Nomenclatura das áreas de fachada do bloco 46 a) ao norte b) ao sul	51
Figura 22 - Nomenclatura das áreas de fachada de tijolo aparente do Bloco 46 a) ao sul b) ao norte	52
Figura 23 – Representação da posição dos equipamentos	54
Figura 24 - Termograma: a) antes do ajuste de nitidez b) após ajuste de nitidez.....	56

Figura 25 – Linha para determinar Delta-T.....	56
Figura 26 – Temperatura de cada pixel que atravessa a anomalia	57
Figura 27 - Variação da temperatura e umidade relativa durante os ensaios	58
Figura 28 - Temperatura aparente refletida nas fachadas de revestimento de argamassa	60
Figura 29 - Termograma com pouca nitidez retirado da fachada de tijolo aparente do RU (sul)	62
Figura 30 - Termograma com sombra da vegetação: Bloco 46 tijolo aparente (norte)	63
Figura 31 - Manifestações patológicas na fachada norte do Restaurante Universitário: a) destacamento de pintura b) mancha.....	65
Figura 32 - Manifestações patológicas na fachada sul do Restaurante Universitário: a) destacamento de pintura RUS – ARGB2 b) destacamento de pintura RUS – ARGC2.....	69
Figura 33 - Manifestação patológica na fachada norte do Bloco 46	73
Figura 34 - Manifestações patológicas na Fachada sul do bloco 46.....	75
Figura 35 - Manifestação patológica na fachada sul de tijolo aparente do RU.....	81
Figura 36 - Manifestações patológicas nas fachadas de tijolo aparente do bloco 46: a) eflorescência b) defeito do sistema.....	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Causas da deterioração das edificações	20
Quadro 2 – Elementos de fachada	27
Quadro 3 – Ensaio aplicados no reconhecimento de manifestações patológicas.....	37
Quadro 4 - Especificações do Equipamento.....	47
Quadro 5 - Termogramas para área RUN – ARG1.....	65
Quadro 6 – Termogramas da manifestação patológica RUN – ARG2	68
Quadro 7 - Termogramas da manifestação patológica RUS – ARG2.....	70
Quadro 8 - Termogramas da manifestação patológica RUS – ARG2.....	71
Quadro 9 - Termogramas da manifestação patológica 46N – ARG2	74
Quadro 10 - Termogramas da manifestação patológica 46S – ARG5.....	76
Quadro 11 - Termogramas da manifestação patológica 46S – ARG5.....	77
Quadro 12 - Termogramas da área de fachada norte com tijolo danificado	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Horários de aquisição dos termogramas	48
Tabela 2 - Variáveis medidas nos ensaios.....	58
Tabela 3 - Emissividade dos Materiais	61
Tabela 4 - Delta-T's da manifestação patológica RUN – ARG1 67	67
Tabela 5 - Delta-T's da manifestação patológica RUN – ARG2 69	69
Tabela 6 - Delta-T's da manifestação patológica RUS – ARGB2..... 71	71
Tabela 7 - Delta-T's da manifestação patológica RUS – ARG2..... 72	72
Tabela 8 - Delta-T's da manifestação patológica 46N – ARG2..... 75	75
Tabela 9 - Delta-T's da manifestação patológica 46S – ARG5 77	77
Tabela 10 - Delta-T's da manifestação patológica 46S – ARGB5 78	78
Tabela 11 - Comparação entre os Delta-T's	79

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	Objetivo principal.....	14
1.1.2	Objetivos específicos	14
1.2	DELIMITAÇÕES.....	14
1.3	DELINEAMENTO.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	16
2.1.1	Agentes causadores das manifestações patológicas	19
2.1.1.1	Agentes climáticos ou ambientais.....	20
2.1.1.2	Agentes biológicos	23
2.1.1.3	Agentes antropogênicos.....	24
2.2	FACHADAS.....	25
2.3	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS	30
2.3.1	Descolamento	31
2.3.2	Fissuras.....	34
2.3.3	Manchas	35
2.4	AVALIAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PRESENTES EM FACHADAS.....	36
2.4.1	Termografia	38
3	METODOLOGIA.....	42
3.1	SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	43
3.1.1	Bloco 59 – Restaurante Universitário.....	43
3.1.2	Bloco 46.....	45
3.2	EQUIPAMENTO.....	47
3.3	OBTENÇÃO DOS TERMOGRAMAS	48

3.3.1 Medição das variáveis associadas ao alvo.....	52
3.3.1.1 Método do refletor.....	53
3.3.1.2 Método da emissividade conhecida.....	54
3.3.2 Análise dos termogramas.....	55
3.3.2.1 Análise qualitativa.....	55
3.3.2.2 Análise quantitativa.....	56
3.3.3 Considerações a respeito da obtenção dos termogramas	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	64
4.1 ANÁLISES DAS FACHADAS COM REVESTIMENTO DE ARGAMASSA	64
4.1.1 Restaurante universitário	64
4.1.2 Bloco 46	73
4.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES OBTIDOS PARA DELTA-T NAS FACHADAS COM REVESTIMENTO DE ARGAMASSA	79
4.3 ANÁLISES DAS FACHADAS COM TIJOLOS APARENTE	81
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
APÊNDICE A – GRÁFICOS PARA OBTENÇÃO DO DELTA-T DA ÁREA RUN - ARG A1	93
APÊNDICE B – GRÁFICOS PARA OBTENÇÃO DO DELTA-T DA ÁREA RUN - ARG C2	96
APÊNDICE C – GRÁFICOS PARA OBTENÇÃO DO DELTA-T DA ÁREA RUS - ARG B2	99
APÊNDICE D – GRÁFICOS PARA OBTENÇÃO DO DELTA-T DA ÁREA RUS - ARG C2	102
APÊNDICE E – GRÁFICOS PARA OBTENÇÃO DO DELTA-T DA ÁREA 46N – ARG A2	105

APÊNDICE F – GRÁFICOS PARA OBTENÇÃO DO DELTA-T DA ÁREA 46S – ARGA5	108
APÊNDICE G – GRÁFICOS PARA OBTENÇÃO DO DELTA-T DA ÁREA 46S – ARGB5	111
APÊNDICE H – TERMOGRAMAS DAS FACHADAS DE TIJOLO APARENTE DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO	114

1 INTRODUÇÃO

A patologia, assim como a ciência médica, diz respeito ao ramo da engenharia que se dedica ao estudo dos sintomas, formas de manifestação, origens e causas das doenças presentes nas edificações (CARRARO; DIAS, 2014). As manifestações são resultado de falhas na construção e podem aparecer devido a deficiências de projeto, irregularidades na execução, erros profissionais, mão de obra despreparada, má qualidade dos materiais ou uso inadequado deles (FERREIRA; LOBÃO, 2018). Isto é, elas ocorrem devido a combinação de diversos fatores e tem origem nas etapas de planejamento, projeto, execução e uso dos edifícios (VALENTE; SILVA; CALIXTO, 2009).

Descuidos com o projeto e incorreta aplicação de materiais podem ser a origem de um problema patológico, porém observa-se também que agentes externos, como o clima, são fatores que propiciam condições adequadas para o desencadeamento de problemas (LERSCH, 2003). Inúmeros são os fatores que afetam as edificações, e podem receber diferentes classificações (agentes ambientais, agentes biológicos e agentes antropogênicos) relacionadas ao mecanismo de degradação que atuam (GAKLIK, 2012).

As fachadas encontram-se externas as edificações, assim seus revestimentos possuem durabilidade condicionada a interação com os fenômenos climáticos como a chuva, o ar e seus constituintes e a insolação, que podem reduzir a vida útil desse elemento, principalmente quando não há uma compreensão desses fatores ao projetá-las (FREITAS; CARASEK; CASCUDO, 2014). Na serra gaúcha, as condições climáticas caracterizam-se por longos períodos de precipitação e variações térmicas tanto durante um período semanal como também ao longo do dia (INMET, 2019), fato esse que auxilia no surgimento de manifestações patológicas.

A avaliação e quantificação das manifestações patológicas muitas vezes é dificultada pela altura dos edifícios e pela ocupação. Nesse sentido a termografia passiva apresenta-se como uma técnica de inspeção que possui vantagens, visto que também se caracteriza por ser um ensaio não destrutivo, já que não causa danos a superfície, e pode ser realizado a significativas distâncias sem contato com o objeto. Além disso, não demanda o emprego de equipamentos como guindastes, nem o envolvimento de uma grande equipe para sua realização, assim reduz o custo da análise e a dificuldade que a mesma possui em operações tradicionais (BAUER et al., 2014).

A termografia detecta a radiação infravermelha emitida pelos objetos, medindo sua temperatura, assim é possível observar os padrões de distribuição de calor em um sistema. Na

engenharia civil esta técnica tem aplicações na detecção de infiltração de água, localização de fendas estruturais, detecção de vazios e defeitos em materiais, entre outros (ALTOÉ; OLIVEIRA FILHO, 2012).

Em virtude das inúmeras falhas presentes nos processos construtivos cada vez mais é evidente o surgimento de manifestações patológicas, dessa forma, estudá-las se faz necessário para haver compreensão dos agentes que atuam na degradação das edificações e das formas de intervenção que devem ser adotadas ao verificar esses problemas (GAKLIK, 2012). Tendo em vista isso, esse trabalho tem o intuito de realizar um estudo sobre a termografia aplicada a inspeção de fachadas de edificações do município de Caxias do Sul.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos desta pesquisa estão divididos em um objetivo principal e seus objetivos específicos.

1.1.1 Objetivo principal

Avaliar fachadas por meio da utilização da termografia

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Determinar o melhor horário para detecção das manifestações patológicas por meio da termografia;
- b) Avaliar o efeito da termografia sobre diferentes superfícies, uma de alvenaria e outra de revestimento de argamassa.
- c) Analisar as mudanças entre fachadas norte e sul em relação ao Delta-T e ao horário de detecção;
- d) Identificar se há um padrão de comportamento das áreas estudadas das diferentes edificações.

1.2 DELIMITAÇÕES

As delimitações deste trabalho estão descritas a seguir:

- a) O estudo ocorreu em edificações do campus sede da Universidade de Caxias do Sul, no município de Caxias do Sul;
- b) Os ensaios foram realizados em outubro de 2020;
- c) A câmera termográfica utilizada na obtenção dos termogramas foi a FLIR B360 disponibilizada no Laboratório de Novas Tecnologias de Produção da Universidade de Caxias do Sul;
- d) O estudo contemplou apenas as fachadas Norte e Sul das edificações;
- e) O *software* utilizado foi o *QuickReport*, fornecido junto a câmera termográfica.

1.3 DELINEAMENTO

Esse trabalho contempla seis capítulos e está estruturado da seguinte forma:

- a) No Capítulo 1 é apresentada uma breve contextualização do assunto, bem como os objetivos do trabalho;
- b) No Capítulo 2 estão abordados temas como manifestações patológicas, seus agentes causadores e demais assuntos relevantes a este estudo;
- c) No Capítulo 3 está descrita a metodologia experimental utilizada para realização desse trabalho, onde é apresentado o equipamento utilizado e os procedimentos e ensaios empregados para analisar as fachadas estudadas;
- d) No Capítulo 4 são expostos e discutidos os resultados obtidos no capítulo anterior;
- e) No Capítulo 5 estão apresentadas as conclusões desse trabalho e sugestões para continuidade do trabalho futuramente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo estão apresentados conceitos relevantes relacionados as manifestações patológicas, bem como seus agentes causadores. No que diz respeito aos revestimentos de fachada, foi dado enfoque aos mais comuns, como o revestimento de argamassa e cerâmico. Por fim a termografia é abordada como técnica de avaliação de manifestações patológicas.

2.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Na construção civil, o termo patologia remete a definição encontrada na medicina, na qual estudam-se as doenças, suas origens, sintomas e natureza, assim sendo, quando uma edificação se encontra com um sintoma que afeta seu ciclo de vida, o seu desempenho e de suas partes constituintes (subsistemas, elementos e componentes), pode-se dizer a mesma possui manifestações patológicas (VELOSO, 2018). Para Helene (1992, p. 19) “Patologia pode ser entendida como a parte da Engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema”.

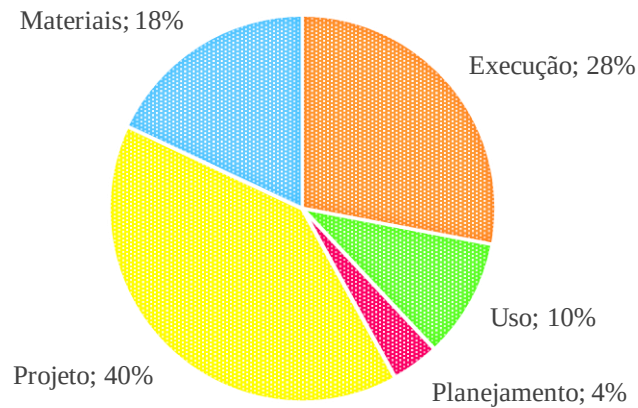
Conforme a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), patologia refere-se as irregularidades que se manifestam na construção em função de falhas no projeto, na fabricação, na instalação, na execução, na montagem, no uso ou na manutenção bem como problemas que não decorram do envelhecimento natural. Apesar do investimento em novas tecnologias na construção civil, ainda assim, esse ramo possui falhas em seus processos que afetam o desempenho de seus elementos, contribuindo para o surgimento de manifestações patológicas (MARTINS; FIORITI, 2016).

As manifestações patológicas em sua maioria ocorrem de maneira externa, facilitando assim a dedução de sua origem, natureza e os fenômenos envolvidos, bem como, o parecer acerca de suas possíveis consequências. De acordo com Ferreira e Lobão (2018) os problemas patológicos são originados por falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais etapas do processo genérico, ou seja, na construção civil, esse processo pode ser dividido, em três etapas básicas: concepção (planejamento, projeto, materiais), execução e utilização.

Comumente as patologias se evidenciam após o início da execução e ocorrem com maior frequência na etapa de uso. No entanto, na Figura 1 observa-se que uma porcentagem elevada se origina de falhas nas etapas de planejamento e projeto, que por sua vez são consideradas as

mais graves já que, a falta de previsão, detalhamento e estudo levam a decisões muitas vezes adaptadas e/ou errôneas durante a execução (HELENE, 1992).

Figura 1 – Origem dos problemas patológicos com relação as etapas de produção e uso das obras civis



Fonte: Adaptado de Grunau (1981 apud HELENE, 1992)

De acordo com Aranha (1994) a origem das manifestações patológicas atribuídas ao projeto está associada a deficiência do conhecimento técnico durante a elaboração do mesmo e aos erros de responsabilidade do projetista, como por exemplo, a deficiência do detalhamento e concepção da estrutura, incapacidade de coordenar os diversos projetos, erros de programação, entre outros. O custo e as dificuldade técnicas para solucionar um problema patológico originado de uma falha de projeto são proporcionais ao período de existência dela, isto é, um erro no estudo preliminar gera problemas em que a solução se torna muito complexa e onerosa (SOUZA; RIPPER, 1998).

As manifestações patológicas atribuídas aos materiais estão relacionadas ao emprego de materiais que não estão em conformidade com o tipo de obra a ser executada e ao acompanhamento das compras, já que muitas vezes o material contem qualidade inferior a especificada no projeto e também não há cuidado com o seu recebimento e estocagem, o que pode ocasionar na sua deterioração (ARANHA, 1994). Para Antunes (2010) a escolha do material pelo menor preço aliada a incorreta aplicação e mau entendimento de suas características são alguns fatores que colaboram para o surgimento de falhas, visto que o baixo custo está comumente associado a má qualidade e muitas vezes as especificações e exigências do projeto em relação ao material não são verificadas em campo. Ainda segundo a autora, do mesmo modo, o surgimento de novos materiais também contribui para a ocorrência de

manifestações patológicas, já que esses nem sempre são devidamente testados e encontram-se em conformidade com os requisitos e critérios de desempenho.

Durante a execução, as falhas estão associadas a falta de condições do local de trabalho, falta de capacitação da mão de obra, ausência de controle de qualidade dos materiais e da execução, irresponsabilidade técnica, dentre outros. Tendo em vista isso, os problemas patológicos que têm sua origem na execução, são em decorrência do processo de produção, que reflete os problemas socioeconômicos, como a falta de qualidade técnica dos trabalhadores com pouca ou nenhuma especialização e dos que possuem alguma qualificação profissional (SOUZA; RIPPER, 1998).

Segundo Aranha (2010) a ocorrência de manifestações patológicas devido ao uso pode ser dividida em dois grupos: ações previsíveis e ações imprevisíveis ou acidentais. No primeiro grupo, as ações previsíveis estão relacionadas a procedimentos que podem ser planejados para evitar a aparecimento de falhas, como por exemplo a manutenção, já no outro grupo as ações acidentais estão associadas a incêndios e outros riscos que podem ser eventualmente serem previstos, porém possuem elevado custo de prevenção.

Os problemas patológicos ocasionados devido a manutenção inadequada ou ausência da mesma, são provocadas pelo desconhecimento técnico, incompetência, desleixo e problemas econômicos. É constatado que a manutenção pode evitar a ocorrência de manifestações patológicas, pois a limpeza e impermeabilização das lajes de cobertura quando não executadas facilitam a infiltração da água da chuva e o entupimento dos drenos, deteriorando a estrutura e podendo levá-la a ruína por excesso de carga (SOUZA; RIPPER, 1998).

Para impedir o surgimento de manifestações patológicas de acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2013) é necessário que se realizem manutenções preventivas nas edificações, já as manutenções corretivas são realizadas quando alguma falha se manifesta, impedindo que este se agrave e evolua para um problema maior. Conforme Lima e Brito (2016) a falta de manutenção faz com que simples manifestações patológicas, progridam para situações de desempenho deficiente, onde há desconforto do usuário mediante o aspecto estético e possível insegurança estrutural, que geram elevado custo de recuperação.

Os agentes causadores de patologias podem ser provenientes de variação de umidade, cargas excessivas, variações térmicas intrínsecas e extrínsecas ao concreto, agentes biológicos, incompatibilidade dos materiais, agentes atmosféricos e outros. Dessa forma, as consequências das manifestações patológicas separam-se em dois grupos, as que afetam as condições de

segurança da estrutura e as que comprometem as condições de higiene e estética, relacionadas as condições de serviço e funcionamento da construção (HELENE, 1992).

2.1.1 Agentes causadores das manifestações patológicas

A degradação é um processo que ocorre quando os materiais de construção interagem com o meio ambiente e sofrem transformações irreversíveis que implicam na perda de qualidade ou valor (LERSCH, 2003). O uso das edificações e suas interações com o meio ambiente provocam diminuição da sua vida útil, assim sendo, as mudanças que ocorrem ao longo do tempo, como por exemplo, as variações atmosféricas e as operações de limpeza e manutenção alteram as características dos materiais e a qualidade da construção (SOUZA *et al.*, 2016).

Os mecanismos de degradação abrangem as transformações físicas ou químicas que fazem com que o material perca suas propriedades quando exposto a um ou mais fatores de degradação, ou seja, esses mecanismos desencadeiam na ação fenômenos que atingem o material de forma contínua (GAKLIK, 2012). Vale ressaltar que um material ou componente pode estar exposto não só a climáticos e antropogênicos, mas sim a uma variação de condições de exposição (LERSCH, 2003). As condições de exposição são um conjunto de influências ou ações sobre uma construção durante a sua vida útil, podendo ser elas choques, incêndios e ações resultantes dos fenômenos naturais, como o vento, a chuva, a radiação solar e a temperatura (SOUZA *et al.*, 2016).

A degradação está relacionada ao sol que produz raios ultravioletas e energia radiante, as causas climáticas, como a mudança de temperatura, as causas biológicas e botânicas, como a flora e a fauna, aos desastres naturais, como terremotos, as causas internas a edificação, como a umidade e as causas geradas pelo homem como a falta de manutenção (FIELDEN, 2007). No entanto, Lersch (2003) classifica os principais agentes e mecanismos de degradação em agentes ambientais ou climáticos, agentes biológicos fenômenos incidentais da natureza e uso e ação do homem. Tendo em vista ambas definições, no Quadro 1 são apresentadas de forma adaptada as diferentes causas de deterioração.

Quadro 1 – Causas da deterioração das edificações

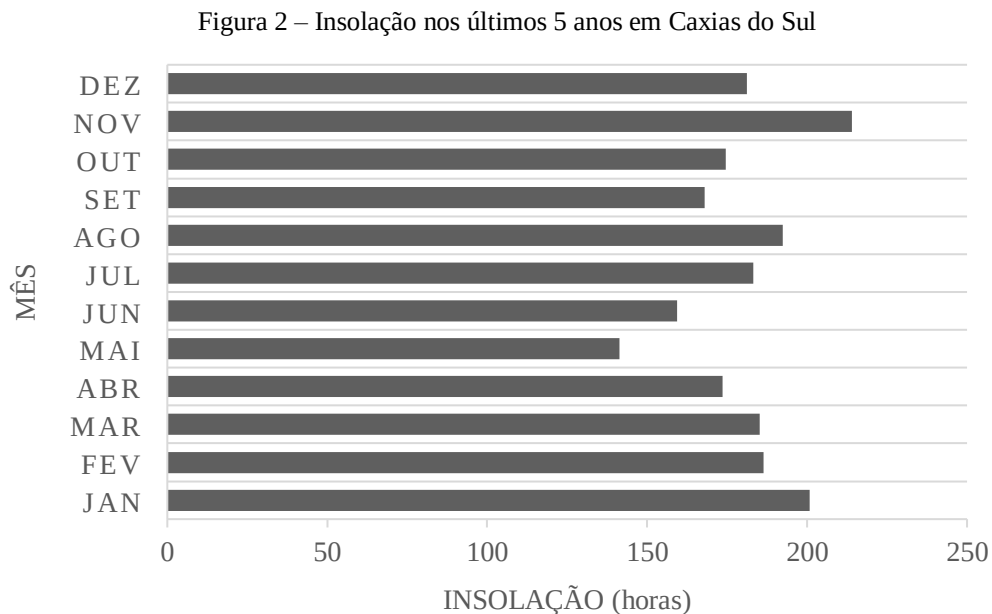
Causas da deterioração das edificações	Agentes climáticos ou ambientais	Temperatura	Variações diárias e sazonais
		Ar	Vento Poeira Constituintes
		Água	Chuva • Inundações • Desmoronamento de terra • Umidade
		Radiação solar	
	Agentes biológicos	Microrganismos	Fungos Algas Bactérias
		Animais	Roedores Pássaros Insetos • Cupins e formigas
		Vegetação	
	Agentes antropogênicos	Negligência	Incêndio Acidentes Abandono
		Intervenções indevidas	Substituição de materiais Sobrecarga da estrutura
		Falta de manutenção preventiva	
		Vandalismo	

Fonte: Adaptado de Fielden (2007) e Lersch (2003)

2.1.1.1 Agentes climáticos ou ambientais

Os agentes ambientais e climáticos estão relacionados ao ambiente em que a edificação se encontra localizada, como o clima e microclima, as edificações também sofrem influência de um clima diferenciado dependendo do núcleo da cidade em que se encontram, seja centro ou subúrbios (QUERUZ, 2007). A radiação solar é o maior agente climático, pois a radiação ultravioleta é um agente destrutivo de materiais como madeira e pigmentos, além de causar descoloração, fragilidade e perda de massa (FIELDEN, 2007) e é relativa ao número de horas

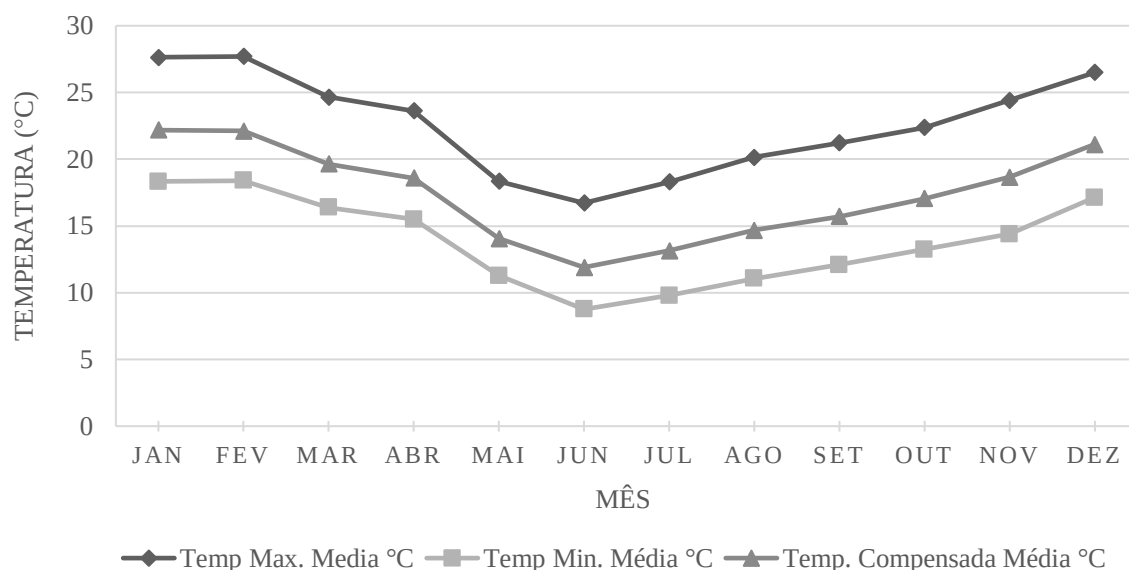
de insolação. A quantidade de energia transportada pela radiação solar é o que mais atinge as edificações, pois ela se transforma em calor e atinge os materiais (LERSCH, 2003). De acordo com os dados do INMET (2019) dos últimos 5 anos para Caxias do Sul o mês com maior insolação foi novembro e de menor maio conforme representado na Figura 2.



Fonte: Adaptado de INMET (2019)

Outro agente climático é a temperatura, que nos edifícios atua através da radiação solar que incide sobre a superfície terrestre direta ou indiretamente e pelas partículas de ar que são aquecidas (QUERUZ, 2007). A variação dimensional por dilatação ou contração é uma das principais alterações físicas provocadas pela variação de temperatura, sendo responsável pelo aparecimento de fissuras e deformações nas construções (ANTUNES, 2010). De acordo com Queruz (2007) as amplitudes térmicas podem ocorrer tanto ao longo do dia como de forma sazonal, permitindo a ocorrência de fadiga e trincas nos materiais e interfaces envolvidas. Em Caxias do Sul, nos últimos 5 anos, o mês mais quente foi o de janeiro e o mês mais frio junho, a média das máximas foi de 22,64 °C e das mínimas 13,86 °C como mostra a Figura 3 (INMET, 2019).

Figura 3 – Temperaturas nos últimos 5 anos em Caxias do Sul



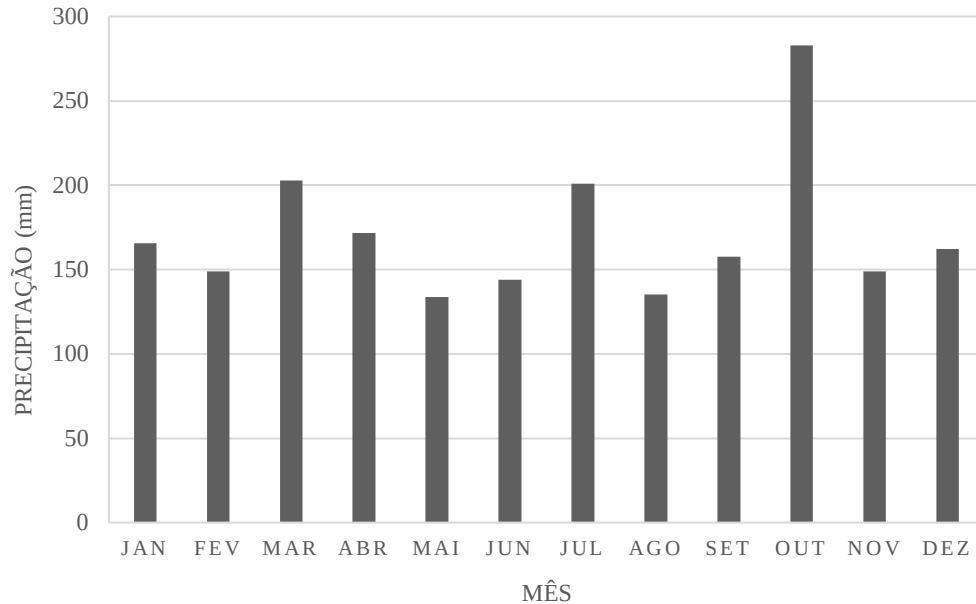
Fonte: Adaptado de INMET (2019)

O ar por meio de seus constituintes e do vento também se caracteriza como causador de degradação dos elementos construtivos das edificações. Os principais elementos constituintes no ar são nitrogênio e oxigênio, mas também há presença de elementos em menores quantidades como ozônio, óxidos e cloretos, que quando associados ou não entram em contato com a superfície dos materiais construtivos causam reações que reduzem sua vida útil (LERSCH, 2003). O vento é a resultante da diferença de pressões atmosféricas em um sistema climático provocando o deslocamento do ar, nas construções pode gerar pressões sobre os materiais construtivos, produzindo tensões que podem causar deformação, deslocamentos ou ruptura (QUERUZ, 2007). Em Caxias do Sul, a predominância dos ventos é norte e sul nos últimos 5 anos de acordo com o INMET (2019), nos meses de outubro a março ocorreu a predominância no quadrante sul e de abril a setembro no quadrante norte.

A água possui diversos meios de ação, não somente da água da chuva, mas também pode estar presente por umidade de microcapilaridade, de condensação e acidentais. Dentre os danos mais numerosos devido a ação da água como meio estão a presença de sais que produzem diversos problemas patológicos como eflorescências (CHAVES 2009). A penetração da água nas edificações ocorre através da passagem por fissuras ou até mesmo pelas superfícies e por falhas na interface entre os elementos construtivos, como portas, janelas, calhas e platibandas. A água da chuva em combinação com outros fatores como o vento pode agravar danos já existentes quando os sistemas não estão respondendo de forma esperada (QUERUZ, 2007). Em Caxias do Sul como pode ser visualizado na Figura 4, a precipitação apresentou uma variação

considerável nos últimos 5 entre o mês com maior precipitação (outubro) e o mês de menor precipitação (maio).

Figura 4 – Precipitação últimos 5 anos Caxias do Sul



Fonte: Adaptado de INMET (2019)

2.1.1.2 Agentes biológicos

Os agentes biológicos capazes de afetar a integridade de uma edificação são classificados em microrganismos, plantas, insetos e animais de pequeno porte (LERSCH, 2003). Gaklik (2012) afirma que a vegetação tende a crescer em locais que há presença de um substrato e nutrientes para se desenvolver, geralmente seu aparecimento está associado a negligência e pode causar problemas como lesões nas regiões de clima tropical e subtropical.

Quando a vegetação é de pequeno porte geralmente desenvolve-se na base das edificações, em tubos de queda e nas reentrâncias das fachadas, já quando possuem médio porte atuam barreira da incidência do sol e da ventilação, podendo causar fissuras no revestimento e nas alvenarias quando desenvolvidas próximas a parede, como também o rompimento de forros e calhas quando próximas da cobertura. A vegetação de grande porte pode acarretar o desenvolvimento de microrganismos e manchas devido sua capacidade de bloquear totalmente a radiação solar, além disso suas raízes podem gerar danos estruturais quando agem próximas aos pisos e estrutura (GAKLIK, 2012).

Segundo Lersch (2003) os fungos, bactérias, algas e líquens são os principais microrganismos responsáveis pela biodeterioração. Os fungos e bactérias vivem como parasitas

dos microrganismos vivos e possuem a função de absorver carbono. As bactérias causam danos menores que os fungos aos materiais de construção e são responsáveis por fenômenos de decomposição química por oxidação ou redução (GAKLIK, 2012). Um meio propício para o desenvolvimento de bactérias são os rebocos, em especial quando ocorre carbonatação da cal, seguida pela redução do pH, essas bactérias são responsáveis pela produção de substâncias que atacam quimicamente os compostos do reboco (SOUSA; PEREIRA; BRITO, 2005).

Segundo Sousa, Pereira e Brito (2005) os fungos se estabelecem em lugares ricos em matéria orgânica depositada por outros seres ou transportada pelo vento, eles estabelecem relações com seres autotróficos, como a simbiose, conhecida como líquens. A presença de fungos é caracterizada pelo aparecimento de manchas, mofos, bolores e apodrecimentos e não precisam da luz do sol para desenvolverem-se. Os fungos pluricelulares, também conhecidos como bolores são responsáveis pela deterioração de madeiras, materiais têxteis e pelo aspecto desagradável que dão aos banheiros. Os fungos do tipo cromógenos são os causadores de manchas, já os fungos xilófagos possuem efeito nocivo, pois destroem as paredes celulares decompondo a celulose causando a podridão parda, a lignina e a podridão branca. As algas geralmente oferecem substrato para o desenvolvimento de outros organismos sobre elas e costumam ser percebidas por manchas de cor verde, vermelha e marrom na superfície (GAKLIK, 2012).

2.1.1.3 Agentes antropogênicos

Como agentes antropogênicos entende-se como fatores que causam o surgimento de manifestações patológicas relacionados ao uso e ação do homem. Segundo Lersch (2003), o desgaste pelo uso, a falta de conservação preventiva, as intervenções indevidas na edificação, o desenvolvimento e o vandalismo estão entre os danos causados pelo homem, a autora ainda cita que os elementos mais externos das edificações estão menos sujeitos ao desgaste causado pelo uso, já que não estão em contato direto com o usuário. A utilização deve ser entendida não somente como a ocupação, mas também como a aplicação da manutenção correta, quando desinformado o usuário pode causar defeitos as edificações, como por exemplo a operação incorreta de elementos, sobrecarga, utilização não prevista e falta de manutenção (CREMONINI, 1988).

Toda edificação necessita de manutenção tendo em vista que ao longo do tempo reduz sua vida útil, a manutenção recupera parte do desempenho perdido, porém não todo (SOARES *et al.*, 2014). Observa-se um comportamento de se recorrer a restauração quando o edifício se

encontra em estado avançado de degradação, ao invés da utilização da manutenção, que por sua vez é um processo simples e de baixo custo quando comparado a recuperação que trata de problemas mais sérios (LERSCH, 2003). De acordo com Gaklik (2012) a manutenção quando executada pode eliminar a ocorrência de problemas graves e caracteriza-se por um procedimento simples e de baixo custo. Soares *et al.* (2014) acreditam que para reparar algum dano ou até mesmo prevenir que se manifeste podem ser previstas inspeções periódicas pela construtora, como também o fornecimento do manual da edificação, que dá aos moradores conhecimento sobre a manutenção e os possíveis danos que podem ser evitados com ela.

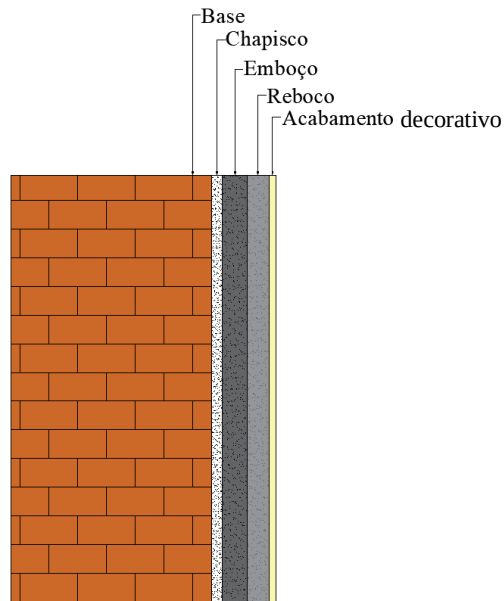
As intervenções humanas podem criar forças desequilibradas, como por exemplo a realização de aberturas e eliminação de paredes, podem aumentar a carga da estrutura, como quando é adicionado um pavimento e podem reduzir a capacidade resistente do terreno, quando são realizadas escavações, galerias e construção de edifícios vizinhos (ICOMOS, 2003). Deve haver uma preocupação com a substituição de elementos antigos por novos da parte do responsável, quando se trata das operações de origem estrutural, há exigência de estudo de cargas no que diz respeito a estabilidade e capacidade, para não haver sobrecarga ou retirada de elementos que podem levar a edificação ao esperada (QUERUZ, 2007).

2.2 FACHADAS

As fachadas, assim com as esquadrias são elementos de vedação vertical das edificações e além da função estética, possuem funções como a proteção contra agentes de deterioração, estanqueidade a água e isolamento termo acústico. Os revestimentos mais usuais são compostos por argamassa com acabamento em pintura ou em placas cerâmicas (RIBEIRO, 2006).

De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 2013) o sistema de revestimento de argamassa representado na Figura 5, é composto por uma ou mais camadas superpostas de argamassa com diferentes funções sobre uma base ou substrato, são essas camadas: chapisco, emboço e reboco. A NBR 13529 (ABNT, 2013, p. 3) ainda define argamassa de revestimento como uma “mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento.”

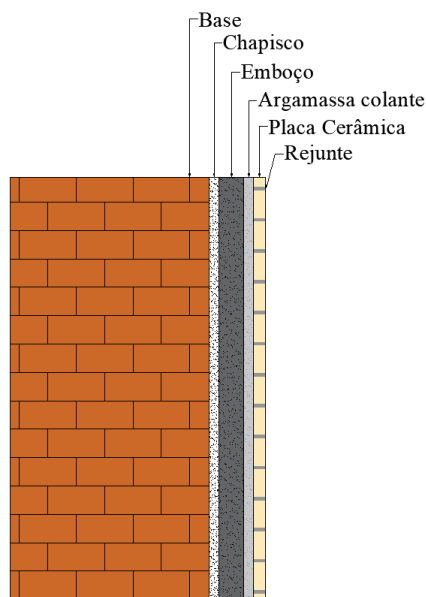
Figura 5 – Camadas do revestimento de argamassa



Fonte: Adaptado de Antunes (2010)

Segundo a NBR 13816 (ABNT, 1997) o revestimento cerâmico é um conjunto formado pelas placas cerâmicas, pela argamassa de assentamento e pelo rejunte como mostra a Figura 6. No entanto Luz (2004) afirma que esse sistema é constituído por várias camadas de diferentes materiais, não somente as placas cerâmicas, argamassa de assentamento e pelo rejunte, mas também o substrato de apoio (emboço e chapisco), a base (alvenaria ou estrutura), além das juntas de assentamento, juntas de movimentação e telas metálicas.

Figura 6 – Camadas revestimento cerâmico



Fonte: Adaptado de Antunes (2010)

Antunes (2010), baseada nas normas técnicas e nos diferentes dados consultados por ela, agrupou os elementos de fachadas que constituem ambos revestimentos. No Quadro 2 podem ser observados os elementos, bem como sua composição e função no revestimento das fachadas.

Quadro 2 – Elementos de fachada

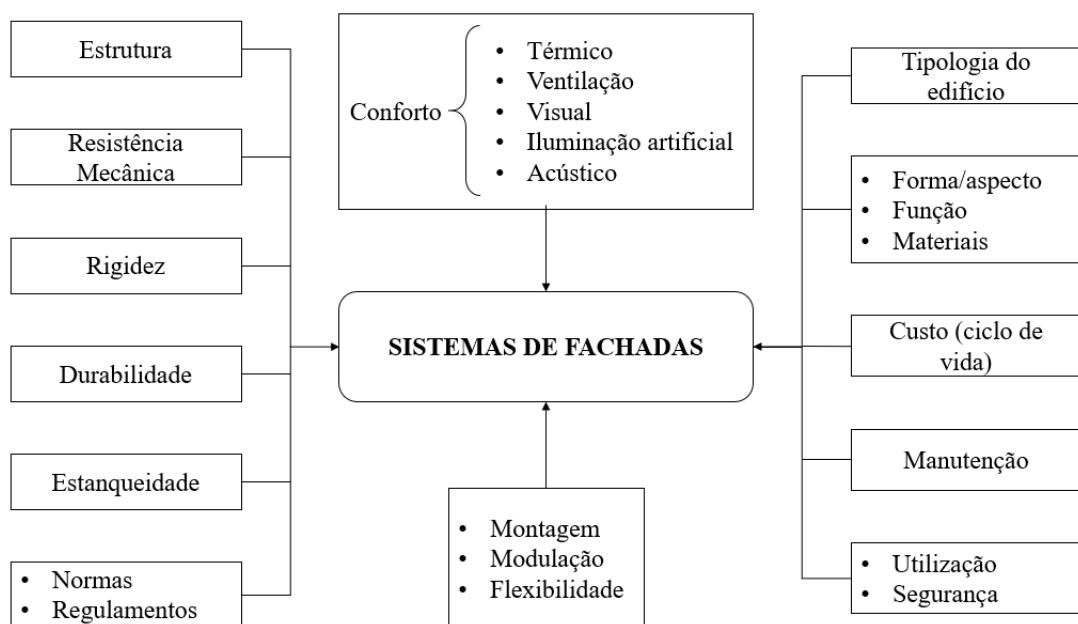
Elemento de Fachada	Composição	Função
Base ou substrato	Constituído por superfície plana de parede. Podem ser concreto armado ou alvenaria de blocos cerâmicos, de blocos de concreto celular ou blocos sílicos-calcários.	Depende de sua função na estrutura, vedação ou estrutural. É a camada responsável por receber o revestimento de argamassa.
Chapisco	Argamassa de cimento, areia e água.	Uniformizar a superfície da base quanto a absorção e melhorar a aderência do revestimento.
Emboço	Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento.	Cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, corrigindo defeitos e irregularidades dela, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco, ou de revestimento decorativo, ou se constitua no acabamento.
Reboco	Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento.	Cobrir o emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento.
Argamassa colante	Mistura constituída de aglomerante(s) hidráulicos, agregados minerais e aditivo(s), que possibilita, quando preparada em obra com a adição exclusiva de água, a formação de uma massa viscosa, plástica e aderente.	Confere aderência as placas cerâmicas junto a camada que lhe serve de base.
Acabamento decorativo	Tinta ou placa cerâmica e argamassa de rejunte a base de cimento, areia e/ou outros agregados finos, inertes não reativos, com adição de um ou mais aditivos químicos.	Contribui para a definição estética do edifício e confere propriedades para a fachada como resistência a penetração de água, isolamento, limpabilidade etc.
Argamassa de rejunte	Pode ser argamassa, nata de cimento, resina epóxi ou qualquer outro especificado para o devido fim.	Composto destinado a preencher as juntas de assentamento de placas cerâmicas.

Fonte: Adaptado de Antunes (2010)

Segundo Terra (2001, p.8) “Para cumprir as funções que lhe são exigidas, cada revestimento deve verificar um determinado conjunto de regras de qualidade”, ele ainda cita, que essas regras são: aderência, capacidade de absorver deformações e permeabilidade à água e ao vapor de água. Portanto, é de grande relevância que as soluções arquitetônicas empregadas

nos projetos de fachadas levem em consideração não somente questões relativas à economia e conceitos estéticos, mas também as dificuldades de manutenção e os agentes que atuam na sua degradação, como as condições climáticas e ambientais, materiais empregados, condições de execução e uso (CONSOLI, 2006). No projeto de fachadas é definida a tecnologia empregada na execução do revestimento, bem como a especificação das técnicas e materiais que serão utilizados, controle de qualidade e detalhes do sistema construtivo para que o revestimento cumpra sua função, a seguir a Figura 7 ilustra os parâmetros que devem ser considerados na concepção de uma fachada (SACHT, 2012).

Figura 7 – Parâmetros considerados na concepção de uma fachada



Fonte: Adaptado de SACHT (2012)

As condições de habitabilidade dependem das fachadas, assim como estas também exercem um papel importante com relação a sustentabilidade, principalmente quando são projetadas para contribuir com a eficiência energética do edifício (OLIVEIRA; MELHADO, 2009). Mesmo que os projetos de fachadas sejam pouco difundidos, o detalhamento dos revestimentos e dos métodos executivos contribuem para diminuição de manifestações patológicas nesse sistema (PEÑA; FRANCO, 2004). Oliveira e Melhado (2009) reforçam, o projeto de fachadas possui grande relevância, pois minimiza a aparição de falhas, uma vez que as informações contidas nele auxiliam na tomada de decisões durante a execução e o uso.

Muitas vezes os critérios de decisões de projeto são pautados nas experiencias individuais e de canteiro de obras, devido à ausência de subsídios na literatura para especificação, projeto e técnicas de execução, um exemplo disso são as juntas de movimentação

que embora sejam um elemento construtivo essencial não encontram-se suficientemente sistematizadas, podendo ser inadequadamente especificadas e produzidas de forma a contribuir para ocorrência de problemas na região em que estão inseridas (RIBEIRO, 2006). É necessário que as ações que originam tensões nas fachadas sejam conhecidas para o dimensionamento das juntas de movimentação, fato esse que o torna complexo, já que não existem modelos que possam prever com precisão os movimentos que serão originados e seus efeitos sobre as camadas, sendo que um movimento pode provocar tensões mais ou menos elevadas em um sistema de revestimento (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Quando ausentes ou deficientes, as juntas de movimentação inserem restrições ao revestimento que passa se comportar como uma estrutura rígida e monolítica e quando solicitado acima de sua capacidade de suporte entra em colapso, surgindo fissuras e descolamento (SILVA, 2014). Para Ribeiro (2006), a forma de exposição das fachadas determina as variações dimensionais que ocorrem ao longo do revestimento, sendo que cada fachada está sujeita a uma escala de temperatura em função da sua orientação, dessa forma para o dimensionamento das juntas de movimentação deve-se considerar que cada fachada e sua forma de exposição ou a fachada em que a orientação é mais crítica em função da incidência solar.

Os fatores ambientais de degradação, como variações térmicas, ventos e chuvas podem ocorrer de forma diferenciada dependendo da região em que está inserida a edificação, mais especificamente em função da orientação das fachadas, sendo assim, para um adequado diagnóstico é necessário que haja uma análise minuciosa dos efeitos desses fatores, sabe-se também que os materiais que compõem a fachada possuem tempo de vida útil diferentes e dessa forma exigem períodos de manutenção diferentes que muitas vezes não são respeitados (SANTOS, 2017). A durabilidade dos revestimentos de fachadas está vinculada as atividades de manutenção, já a vida útil durabilidade e permanência estética estão relacionadas a qualidade dos componentes das fachadas que devem atender os níveis estabelecidos como adequados por um determinado período (CONSOLI, 2006).

Em sua maioria, os sistemas de revestimento adotados em fachadas possuem elementos que possuem vida útil inferior a edificação, dessa forma devem ser especificadas soluções técnicas que evitem sua falência prematura, como alternativas que privilegiem as atividades de manutenção preventiva ao longo da utilização da edificação, que podem ser previstas na etapa do projeto (SILVA, 2008). Para Flores e Brito (2002), a manutenção deve ter suas estratégias definidas na fase do projeto, considerando o comportamento esperado dos elementos para

condições de serviço, os agentes de degradação, os níveis de qualidades, os tipos de anomalias que podem surgir e os custos que serão envolvidos. Com o intuito de ser bem direcionada, deve-se elaborar um plano de manutenção preventiva de forma detalhada, contendo a descrição das ações necessárias, periodicidade, previsões de potenciais anomalias, materiais e técnicas a serem utilizados em cada constituinte da fachada (BOTO, 2014). Ainda, as estratégias de manutenção devem contemplar os aspectos relacionados a decisão, prioridade e periodicidade das intervenções e as características das operações de manutenção, sejam elas uma limpeza, inspeção ou reparação/substituição local (FLORES; BRITO, 2002).

2.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS

As fachadas são a parte das edificações mais expostas as condições do tempo, devido a sua posição em relação aos outros elementos, portanto possuem maior probabilidade do surgimento de manifestações patológicas que comprometem a aspecto estético do edifício (SILVA; BARROS; FERREIRA, 2019). De acordo com Melo Júnior e Carasek (2011) as condições de exposição das fachadas dos edifícios variam de acordo com as características climatológicas da região onde estão localizadas. O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019) mostra que em Caxias do Sul, nos últimos 5 anos o município sofreu variações climáticas consideráveis, isto é, a variação entre a temperatura média mais alta e a mais baixa (meses de janeiro e junho) é de 86%, observa-se também variações consideráveis de precipitação e insolação durante o ano.

Para Freitas (2012) os elementos climáticos são responsáveis pela deterioração das fachadas, dessa forma a compreensão da ação da chuva, vento e insolação de forma conjunta é importante para prevenção de manifestações patológicas. O autor ainda cita que os revestimentos de argamassa quando expostos as condições climáticas são capazes de fixar e transferir umidade devido a sua porosidade, tanto na fase líquida como na fase de vapor.

A chuva dirigida em conjunto com o vento é uma das principais fontes externas de umidade e contribui com o processo de degradação das fachadas (MELO JÚNIOR; CARASEK, 2011). A temperatura nas fachadas varia não somente com a temperatura registrada durante o dia, mas também com a insolação, de acordo com Resende, Barros e Medeiros (2001, p.2):

A temperatura, um dos principais fatores de degradação que atuam nos revestimentos de fachadas de edifícios, pode causar comportamentos diversos dos materiais, provocando variações físicas e/ou químicas. Uma das principais alterações físicas provocadas pela temperatura é a variação dimensional (dilatação ou contração).

As manifestações patológicas em fachadas ocorrem devido a influência dos fenômenos atmosféricos, podendo comprometer esteticamente as fachadas através de fissuras, infiltrações e manchamentos, e causar também problemas mais críticos como descolamentos e deslocamentos dos revestimentos (FREITAS; CARASEK; CASCUDO, 2014). Antunes (2010) em seu estudo cita que as principais manifestações patológicas em revestimentos de fachadas são descolamento, deslocamento, fissuras e trincas, falhas nas juntas, manchamento, desagregação, deterioração de placas cerâmicas, entre outras.

Dal Molin (1988) constatou em seu estudo que os problemas de fissuração são os mais incidentes no estado do Rio Grande do Sul (66,01%), seguidos dos problemas de umidade (18,08%) e deslocamentos (8,36%). Já Terra (2001) durante o levantamento das principais manifestações patológicas em fachadas das edificações da cidade de Pelotas relatou que as lesões mais frequentes são manchas de sujeira ou vegetação parasitária, umidade ascensional, deslocamento em placas, descoloração e fissuras, principalmente do tipo mapeamento.

2.3.1 Descolamento

Os descolamentos podem ocorrer tanto em revestimentos de argamassa com em revestimentos cerâmicos, para Antunes (2010) esse problema é causado pela falta de aderência entre as camadas que constituem os revestimentos e não possui necessariamente associação com a queda imediata do revestimento ou de placas cerâmicas. De acordo com Bauer (2008), os deslocamentos em revestimentos de argamassa caracterizam-se pela separação de uma camada ou mais de revestimento e podem abranger desde uma área a totalidade da alvenaria. O autor ainda divide o descolamento em três grupos: descolamento por empolamento, deslocamento em placas e deslocamento com pulverulência.

No descolamento por empolamento o reboco destaca-se do emboço, formando bolhas que aumentam gradativamente de diâmetro (BAUER, 2008). Para Veiga e Faria (1990) se não houver reparo na zona em que ocorreu o destaque do revestimento as demais áreas são afetadas por perda do revestimento ao suporte, a causa desse problema está relacionada a exposição do revestimento a presença de água, que contribui para formação dos sulfatos de sódio, magnésio ou cálcio, que por sua vez reagem com o aluminato tri cálcio do cimento causando expansão do revestimento de argamassa na zona de aderência a base.

Um dos sintomas do descolamento em placas é a queda de porções ou da quase totalidade do revestimento após ser aplicado e isso ocorre devido a base ser muito lisa (VEIGA;

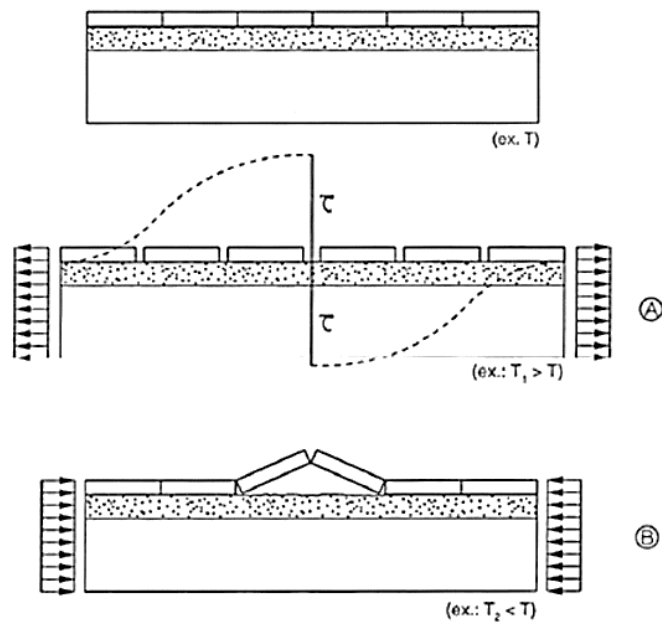
FARIA, 1990). Conforme Bauer (2008) no descolamento em placas, geralmente o emboço e o reboco se descolam da alvenaria, a ocorrência desse problema está relacionada a falta de aderência entre os elementos, causada pela falta de preparação da base ou má execução do revestimento e também as grandes variações de temperatura que geram tensões de cisalhamento entre a argamassa e a base.

O descolamento com pulverulência acontece em revestimentos com pintura onde é observada a desagregação e esfarelamento da argamassa que se torna friável (BAUER, 2008). Para Bauer (2008), as causas desse problema estão relacionadas a ausência de carbonatação da cal, que ocorre quando a pintura é executada sobre o revestimento em menos de 30 dias, a utilização de argamassas muito pobres que não possuem resistência suficiente para garantir aderência a base, a traços muito ricos em cal, entre outros.

De acordo com Bauer (2008) as causas mais comuns do descolamento das placas cerâmicas são a inexistência de juntas de movimentação, deficiências na execução do assentamento das peças e até falta de rejuntamento. Geyer (1994), afirma que o deslocamento cerâmico pode ocorrer por diversas causas, dessa forma deve-se analisar se o material de fixação se desprende ou não em conjunto com a placa cerâmica, caso a argamassa de fixação permanecer na base e apenas a placa descolar, significa que pode ter havido retração da base, expansão das placas cerâmicas, uso indevido do material adesivo, problemas originados no assentamento e/ou movimentações térmicas, já se a argamassa de fixação se desprender com a cerâmica, o problema está relacionado com a aderência da argamassa à base. Just e Franco (2001) citam que os locais de maior incidência dessa anomalia são na parte da fachada onde não há aberturas, trechos curvos, na fachada voltada para o lado oeste e quando há cerâmica de cor escura.

Segundo Fiorito (2009) a temperatura é um dos diversos fatores que causam essa manifestação patológica, gerando tensão sobre os revestimentos, quando há um aumento de temperatura, acontece a dilatação do revestimento, isto é, a solicitação a tração do material, causando o afastamento entre as placas, com a abertura das juntas inicia-se o processo de cisalhamento entre a base das peças e a argamassa colante, assim que, como visto na Figura 8A, quando atingida a ruptura as peças se soltam da base. Já quando o revestimento é esfriado, verifica-se o encurtamento da base, onde as peças soltas assumem a configuração de “V” como mostra a Figura 8B.

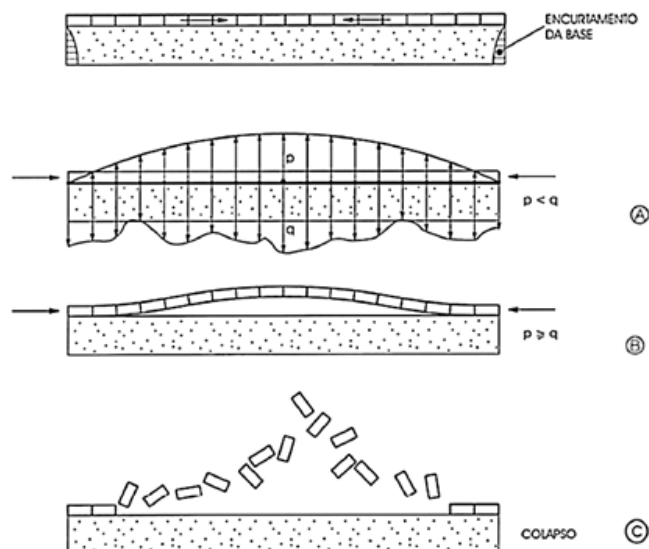
Figura 8 – Tensões sobre revestimentos: a) cisalhamento entre peças e argamassa colante b) encurtamento da base e desprendimento das peças



Fonte: Fiorito (2009)

Considerando a Figura 9, onde há atuação de tensão de compressão no revestimento causada pela retração da argamassa de assentamento observa-se que os elementos do revestimento tendem a se aproximar provocando flambagem, como visto na Figura 9A, quando $p < q$ há compressão, porém, o revestimento se mantém estável. Já na Figura 9B, quando $p \geq q$ há abaulamento das placas cerâmicas, causado por tração simples que faz com que as placas se soltem e por fim colapsem, vide Figura 9C (Fiorito, 2009).

Figura 9 – Retração da argamassa: a) compressão do revestimento b) abaulamento das placas cerâmicas c) colapso das placas cerâmicas



Fonte: Fiorito (2009)

2.3.2 Fissuras

A NBR 15575-2 (ABNT, 2013) define fissuras como um seccionamento na superfície ou em toda seção transversal de um componente, com abertura capilar, gerado por tensões normais ou tangenciais, podendo ser classificadas como ativas, quando há variação da abertura em função de movimentações higrotérmicas ou passivas quando a abertura é constante. A definição da NBR 9575 (ABNT, 2010) refere-se a fissura com uma abertura ocasionada por deformações ou deslocamento do substrato, cuja amplitude é variável, ela também afirma que ela pode ser classificada em dinâmica ou estática e cíclica, finita ou infinita. Antunes (2010) declara que as fissuras podem se distribuir da seguinte forma:

- a) Na envoltória de aberturas – decorrentes da concentração de tensões nos vértices de portas e janelas, devido à ausência ou ineficiência de vergas e/ou contravergas;
- b) Na interface estrutura alvenaria – decorrentes da deformação das estruturas devido a flechas excessivas em vigas e lajes e da deficiência da ancoragem no encontro pilar/alvenaria;
- c) Em parede continua (no meio do pano da alvenaria) – decorrentes dos movimentos diferenciais (estruturais ou térmicos), da retração da argamassa logo após a execução, excesso de materiais finos, elevada relação água cimento, finura do cimento;
- d) No topo dos edifícios e nos andares superiores – decorrentes de solicitações térmicas, devido junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica submetidos as mesmas variações de temperatura;
- e) Fissuras mapeadas – decorrentes das movimentações higrotérmicas diferenciadas entre revestimento e estrutura, também podem ser associadas a retração de secagem da argamassa e a execução em dias muito quentes e secos que contribuem para desidratação da argamassa;
- f) Fissuras horizontais – decorrentes da expansão da argamassa de assentamento devido ao retardo na hidratação do hidróxido de cal, ao ataque de sulfatos ou a presença de argilominerais expansivos no agregado;

- g) Fissuras verticais ou inclinadas – decorrentes da pouca resistência a esforços de tração e pouca flexibilidade para absorver esse tipo de solicitação dos blocos cerâmicos e juntas de assentamento;
- h) Falhas nas juntas – decorrentes da ação das intempéries nas regiões de encontro com as esquadrias, da fadiga do rejunte por ciclos higrotérmicos, infiltração de produtos potencialmente agressivos e água etc.

De acordo com Terra (2001) é necessário haver um cuidado especial quando se trata desse tipo de manifestação patológica, pois ele pode ser um aviso de um eventual colapso da estrutura, em função do comprometimento da estanqueidade, isolamento acústico e durabilidade da obra e do constrangimento psicológico que causam nos usuários. Antunes (2010) cita que além do constrangimento psicológico, as fissuras causam insegurança ao usuário, degradação do aspecto visual, do conforto e da salubridade.

O aparecimento de fissuras se deve a ocorrência dos ciclos de molhagem devido à chuva e de secagem provenientes da exposição ao sol, que provocam o inchamento e retração do revestimento de argamassa (FREITAS, 2012). Para Chaves (2009) o limite de resistência das placas de revestimento pode ser ultrapassado pela geração de um estado de tensões internas quando existem variações térmicas ou de humidade e quando o edifício se deforma, as tensões podem ser transferidas aos revestimentos, causando assim fissuração. A fissuração, por sua vez, facilita a penetração de agentes agressivos no revestimento, principalmente a água, favorecendo o surgimento de novas manifestações patológicas como as eflorescências, manchas de umidade, bolor ou mofo, corrosão de armaduras e descolamentos de placas cerâmicas (ANTUNES, 2010).

2.3.3 Manchas

Segundo Bauer (2008), o aparecimento de manchas possui diferentes colorações e está relacionado a ação da umidade e dos microrganismos nos revestimentos, que provocam o surgimento de mofo, que se caracteriza pelas manchas pretas ou verdes, já quando as manchas ocorrem na cor marrom o autor cita que estas estão relacionadas a ferrugem. Para Chaves (2009) a responsável pelo surgimento das manchas é a poluição atmosférica, que atua nos revestimentos cobrindo-os de pó, fuligem e partículas contaminantes.

O vento e a chuva assim como a porosidade dos materiais de revestimento são fatores contribuintes para o manchamento das fachadas. O vento é responsável pela dispersão de

partículas que se depositam nas fachadas, a chuva por sua vez, ao escorrer pela fachada arrasta as sujeiras que ali estão depositadas e os materiais através de seus poros penetram a água e os preenchem com as sujeitas. Pode-se dizer que as fachadas, pela sua forma também contribuem para o aparecimento de manchas, já que há grande deposição de partículas nos elementos que se encontram na horizontal e nas discontinuidades que culminam na acumulação de sujeira (CHAVES, 2009).

As manchas são heterogeneidades de aspecto, seja da cor ou textura e afetam as fachadas do ponto de vista estético (VEIGA; FARIA, 1990). De acordo com Antunes (2010) o manchamento pode ocorrer devido ao bolor ou mofo ou as eflorescências. As manchas que surgem devido a formação de fungos, geralmente são de cor escura e que cobrem grandes superfícies, podendo gerar a deterioração do revestimento. O aparecimento de microrganismos é causado pela falta de manutenção das superfícies aliada as condições favoráveis ao desenvolvimento destes no local, para seu desenvolvimento é necessário que haja umidade atmosférica e temperatura elevadas, ausência de radiação solar e de ventilação e o revestimento possuir cor clara.

A eflorescência, outro tipo de mancha, é causada pela ação conjunta da presença de sais solúveis nos materiais, presença de água e diferença de pressão que auxilia no transporte da solução para superfície (ANTUNES, 2010). Para Chaves (2009) identifica-se como eflorescência o aparecimento de depósitos cristalinos de cor esbranquiçada na superfície dos revestimentos, isso ocorre devido ao transporte através dos poros de sais solúveis que em contato com o ar se solidificam, esses sais podem estar presentes tanto nas argamassas de fixação quanto nas placas cerâmicas e componentes da alvenaria. Ela é formada pela cristalização de sais de metais alcalinos como sódio e potássio e alcalino-ferrosos, como cálcio e magnésio contidos nos materiais e revestimento da fachada (VEIGA; FARIA, 1990). Esses sais migram para superfície pela ação da água da chuva ou do solo que os dissolve e após sua evaporação forma-se os depósitos salinos (CHAVES, 2009)

2.4 AVALIAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PRESENTES EM FACHADAS

Quando uma edificação fica “doente”, aparecem sintomas que indicam que sua integridade está comprometida, para realização de um diagnóstico correto do problema, primeiramente é realizada uma inspeção visual, coletando dados e identificando os sintomas presentes, bem como sua intensidade e localização, somente esse procedimento pode ser

suficiente para um profissional experiente, porém muitas vezes é necessária a realização de ensaios específicos e análise dos projetos para um diagnóstico completo (TUTIKIAN; PACHECO, 2013). A realização de um diagnóstico depende de informações precisas e a avaliação de mecanismos e variáveis que influenciam na degradação e no surgimento de manifestações patológicas (BAUER *et al.*, 2014).

No caso das fachadas, conforme Bauer *et al.* (2014), a inspeção requer uma logística bastante complexa, levando em consideração a altura que o edifício possui e as condições de acesso, já que muitas vezes os edifícios encontram-se em ocupação, sendo assim, geralmente são utilizados guindastes, elevadores ou operações de rapel para inspeção pontual, o que demanda uma equipe numerosa e custos elevados. Em seu estudo Israel (2016) identificou que a maioria das suspeitas de manifestações patológicas levam a execução de ensaios destrutivos para comprovação dos defeitos, o autor ainda lista os defeitos encontrados nos revestimentos de argamassa e os ensaios utilizados para verificação deles, bem como sua tipologia como mostra o Quadro 3.

Quadro 3 – Ensaios aplicados no reconhecimento de manifestações patológicas

Defeitos	Ensaios	Tipo de Ensaio
Níveis de aderência	Resistencia de aderência a tração	Destrutivo
	RLEM 42 – Resistencia de aderência ao cisalhamento por torção ou por corte	Destrutivo
Níveis de fissura	Módulo de deformação (NBR 7190:1997)	Destrutivo / Não destrutivo
Níveis de grau de hidratação	Não identificado	-
Níveis de resistência superficial a tração	MR 18 42 – Quantidade de material removido da superfície	Destrutivo
Níveis de porosidade	CSTB 75 – Permeabilidade a água	Não destrutivo
Níveis de abrasão	RLEM IMR – 942 Desgaste superficial	Destrutivo
Níveis de resistência ao impacto	FE Pa 26 69 Impacto	Destrutivo
Níveis de resistência ao risco	FE Pa 27 67 Impacto	Destrutivo

Fonte: Israel (2016)

Devido ao contexto de edificações em uso os ensaios destrutivos em materiais, componentes ou sistemas construtivos tornam-se indesejáveis para realização de um

diagnóstico de problemas, sendo assim o desenvolvimento de técnicas não destrutivas tem surgido como objeto de estudo (FREITAS; CARASEK; CASCUDO, 2014). La Fé (2017) acredita que o interesse na aplicação de ensaios não destrutivos para avaliação das edificações deve-se a aprovação da norma de desempenho NBR 15575-1 (ABNT, 2013) pelos requisitos que a mesma estabelece, um dos elementos onde os métodos ainda são pouco padronizados e precisam de implantação de novas técnicas para complementar o mapeamento dos danos são as fachadas, nesse sentido, técnicas como a termografia tem apresentado vantagens em comparação com outras não-destrutivas.

2.4.1 Termografia

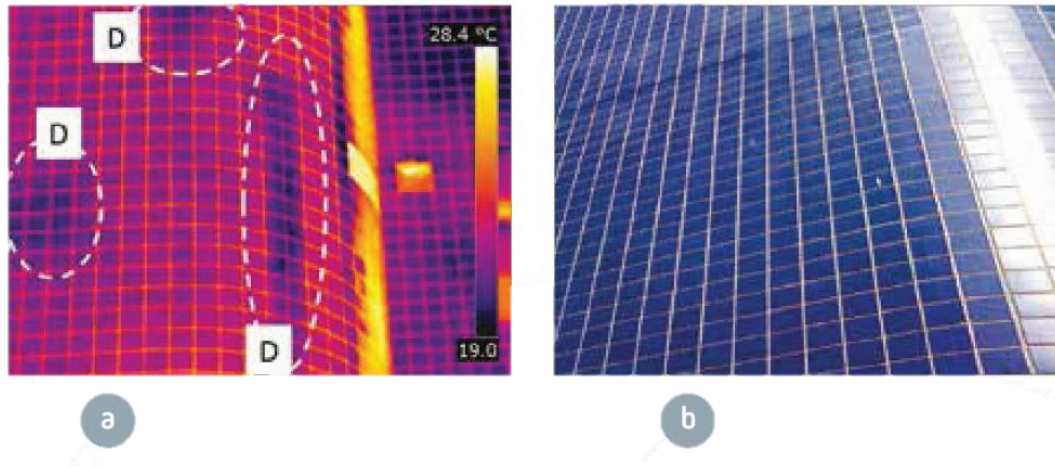
Das radiações que constituem o espectro eletromagnético, o olho humano consegue registrar uma parcela muito pequena, dessa forma, para facilitar a realização de determinados trabalhos de cunho científico estão sendo desenvolvidos equipamentos sensíveis a gamas do espectro em que o olho humano não registra. Um exemplo disso são os raios infravermelhos, constituídos de radiações térmicas, que são representados de uma forma visível através de termogramas, onde as diferentes temperaturas da superfície de um objeto são representadas por uma escala de cores. A utilização dessa tecnologia, também conhecida como termografia pode ser aplicada a diversas áreas para realização de medições de temperatura, como medicina, astronomia, setor industrial, segurança e vigilância, entre outros (BARREIRA, 2004).

Os estudos desenvolvidos na engenharia civil utilizando a termografia, estão relacionadas as características térmicas e a eficiência energética dos edifícios e também relacionados ao estudo das anomalias e manifestações patológicas presentes nas edificações (BAUER; PAVÓN, 2015). A termografia através da radiação infravermelha detecta as heterogeneidades presentes nos elementos construtivos, sem destruir o elemento de estudo, baseando-se na distribuição de energia térmica emitida pela superfície dos corpos acima de uma temperatura do zero absoluto, ela identifica regiões ou pontos onde a temperatura está alterada em relação a um padrão pré-estabelecido (GARCIA, 2014).

Barreira (2004) afirma que na construção civil a termografia é utilizada como ferramenta de identificação e diagnóstico de áreas degradadas, nas fachadas, através dos termogramas ela permite verificar perdas de calor e de presença de umidade, bem como detectar zonas com isolamento deficiente, zonas de fugas de ar e defeitos nos revestimentos, na Figura 10 é possível verificar o destacamento das placas cerâmicas em uma fachada inspecionada por Bauer e Pavón (2015). A termografia limita-se a detecção de manifestações patológicas superficiais ou perto

da superfície, ou seja, através de uma imagem térmica é possível detectar problemas como o destacamento das placas cerâmicas, fissuras e problemas de umidade que não são possíveis de detectar através da inspeção visual (BAUER; PAVÓN, 2015).

Figura 10 – Detecção de destacamento em uma fachada a) Termograma da fachada b) fotografia da fachada



Fonte: Bauer e Pavón (2015)

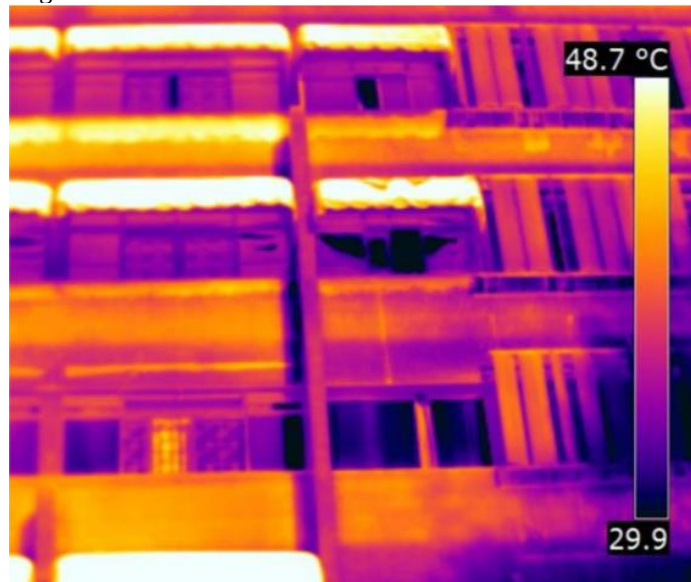
Existem fatores que influenciam na medição da radiação infravermelha como a emissividade, reflexão, atenuação atmosférica, entre outros (GARCIA, 2014). Devido a quantidade de variáveis envolvidas a aplicação da termografia torna-se complexa e devem ser levadas em consideração as variáveis emissividade, temperatura aparente refletida, umidade relativa e distância (BAUER; PAVÓN, 2015). As variáveis que interferem na obtenção dos dados e avaliação dos mesmos estão relacionadas a características relacionadas ao equipamento e ao alvo, no que diz respeito ao primeiro estão associadas a resolução geométrica IFOV (*instantaneous field of view*) da câmera, foco e o ângulo de visão, ou seja, essas variáveis são definidas pelo fabricante da câmera, já as variáveis relacionadas alvo são a emissividade, distância e reflexão (LA FÉ, 2017).

Nas medições em campo a reflexão torna-se uma dificuldade para obtenção dos termogramas, visto que materiais com acabamentos muito lisos e com brilho emitem radiação de outros corpos como edifícios vizinhos e veículos, causando assim uma interpretação errônea (BAUER; PAVÓN, 2015). A emissividade nada mais é que a capacidade de um material emitir radiação em relação a um corpo negro, sendo definida pela razão entre a radiação emitida por um corpo real e a radiação de um corpo negro, dentre os fatores que influenciam na emissividade estão o tipo de material, a textura de sua superfície e ângulo (LA FÉ, 2017).

Os materiais utilizados na construção possuem emissividade alta, superiores a 0,8, favorecendo assim a transferência de calor e por sua vez a análise termográfica, porém as

esquadrias e elementos de proteção possuem baixa emissividade e dificultam os estudos relacionados a esses elementos (LA FÉ, 2017). Isso pode ser observado na Figura 11 que apresenta as diferenças de temperaturas entre as esquadrias, revestimentos e elementos de proteção devido aos diferentes valores de emissividade dos materiais. A medição sobre perturbações originadas pela atmosfera presente entre o alvo e o sensor, além disso, a qualidade da imagem é comprometida devido aos gradientes térmicos e a turbulência que criam heterogeneidades no índice de refração do ar, sendo assim a atenuação atmosférica é uma das maiores causas do acarretamento e erros sistemáticos, devido a gama espectral utilizada, a distância de observação e as condições meteorológicas (BARREIRA, 2004).

Figura 11 – Influência da emissividade dos diferentes materiais



Fonte: Bauer e Pavón (2015)

Os ensaios realizados com a câmera termográfica permitem dos tipos de análise, quantitativa e qualitativa. A análise qualitativa possui uma abordagem superficial, por meio da análise visual dos termogramas, que são interpretados de forma simples até mesmo no local pelo técnico. Já a análise quantitativa é mais detalhada e permite maiores conclusões, ela leva em conta parâmetros de medição como a temperatura ambiente, humidade relativa, distância da superfície e emissividade real dela (GARCIA, 2014).

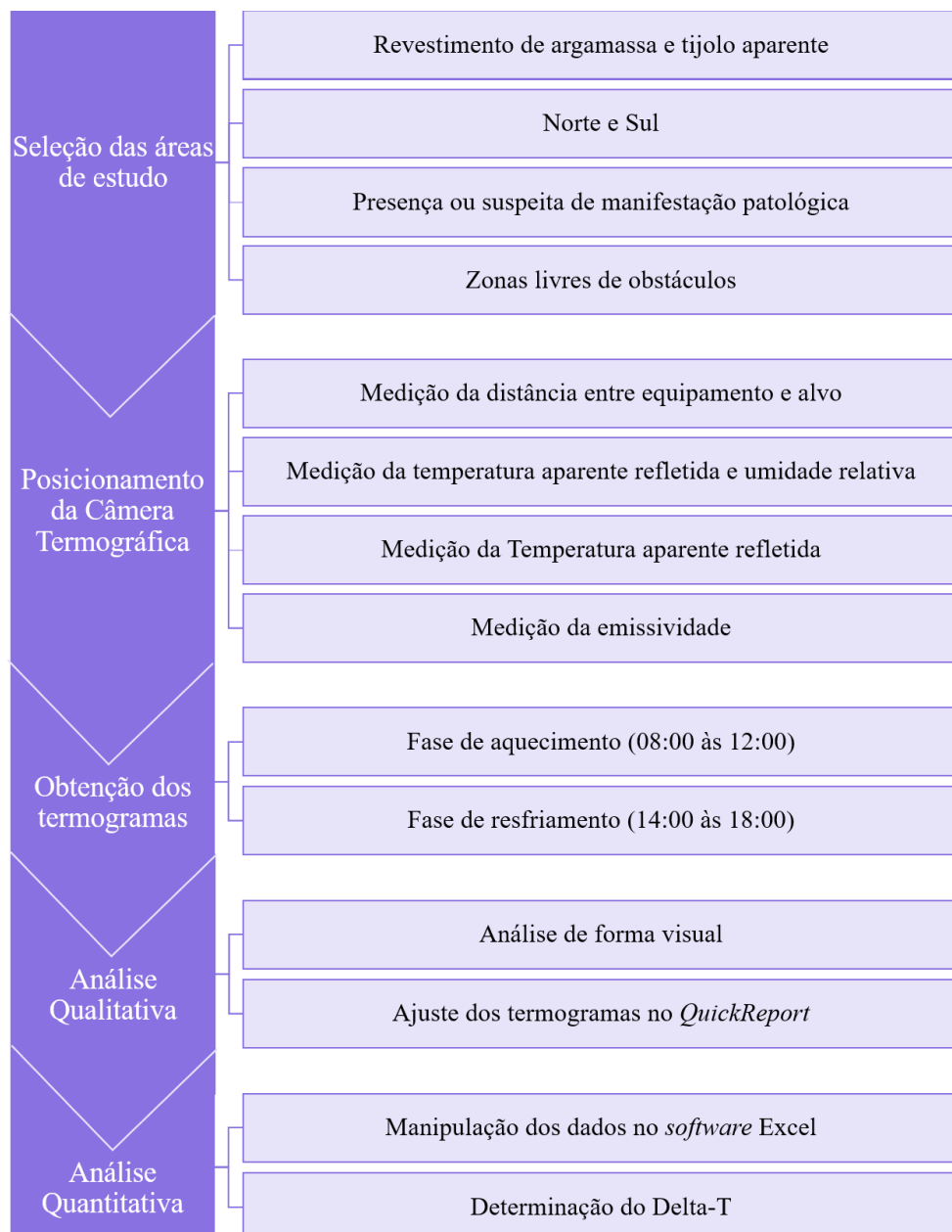
Os ensaios utilizando a câmera termográfica, também podem ser realizados com ou sem um estímulo térmico, sendo assim classificados como termografia passiva ou ativa (GARCIA, 2014). Quando há um estímulo externo, trata-se da termografia ativa, esse estímulo produz um contraste térmico nas zonas que se encontram em equilíbrio térmico e pode ser de fontes de energia artificiais como lâmpadas, flashes, jatos de ar quente, como também de fontes mais

sofisticadas tais como pulsos ultrassônicos, micro-ondas, laser. A fonte pode estar localizada ao lado da câmera, configurando-se assim em uma inspeção por reflexão ou pode estar localizada do lado oposto ao equipamento, formando um fluxo térmico por transmissão. Na termografia passiva não há um estímulo térmico artificial, sendo a radiação solar uma fonte natural do ensaio, onde há apenas uma diferença de temperatura entre o alvo e o ambiente, alvo esse que normalmente possui maior temperatura (CORTIZO, 2007).

3 METODOLOGIA

Nesse capítulo estão apresentados os equipamentos e métodos utilizados no trabalho. As manifestações patológicas em fachadas, objeto de estudo desse trabalho, foram analisadas através da termografia passiva com base nas normas vigentes e na literatura. Foram estudadas as fachadas de tijolos aparente e revestidas de argamassa, posicionadas ao norte e sul, levando em consideração que no hemisfério sul, segundo Agostinho (2016), essas orientações compõe a fachada com maior e menor insolação respectivamente. Na Figura 12 é apresentado um esquema com as etapas realizadas.

Figura 12 - Etapas de realização do trabalho



Fonte: Autora (2020)

3.1 SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Foram selecionadas duas edificações da Universidade de Caxias do Sul, localizadas no município de Caxias do Sul e para sua seleção foram levados em consideração alguns critérios. O primeiro deles relacionado a idade da edificação, essa deveria possuir no mínimo cinco anos, o tipo de revestimento também foi um critério, 50% das áreas de estudo possuíam fachadas de revestimento de argamassa e os outros 50% fachadas sem revestimento, apenas de tijolos aparentes. As fachadas (norte e sul) estavam situadas em zonas abertas, livres de obstáculos para garantir visibilidade e evitar problemas de reflexão durante a realização dos ensaios, ainda, elas deveriam possuir presença ou suspeita de manifestações patológicas para que esse fato pudesse ser corroborado por meio da termografia.

3.1.1 Bloco 59 – Restaurante Universitário

A edificação localiza-se no campus sede da Universidade de Caxias do Sul, na Rua Francisco Getúlio Vargas, Nº 1130, Bairro Petrópolis, no município de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul. Na Figura 13 encontra-se o mapa de localização.

Figura 13 - Localização do Restaurante Universitário



Fonte: Google Maps (2020)

A estrutura que se encontra no lote foi construída em 2003 e atualmente é utilizada pela StartUCS, com dois pavimentos, seu sistema construtivo é de concreto armado e alvenaria de vedação. As fachadas possuem algumas áreas de tijolo aparente e outras de revestimento de argamassa. A frente da edificação está voltada para o Sul, a direita ela está cercada pelo bloco D e a esquerda pela biblioteca, a Figura 14 mostra parte da fachada da edificação com revestimento de argamassa e de tijolo aparente que foram estudadas.

Figura 14 - Fachadas Sul do Restaurante Universitário



Fonte: Google Maps (2019)

Em frente ao restaurante universitário funciona o estacionamento, assim como nos fundos que estão posicionados ao Norte. A Figura 15a mostra a parte de fachada com revestimento de argamassa estudada e a Figura 15b a de tijolo aparente.

Figura 15 - Fachadas Norte do restaurante universitário: a) revestimento de argamassa b) tijolo aparente

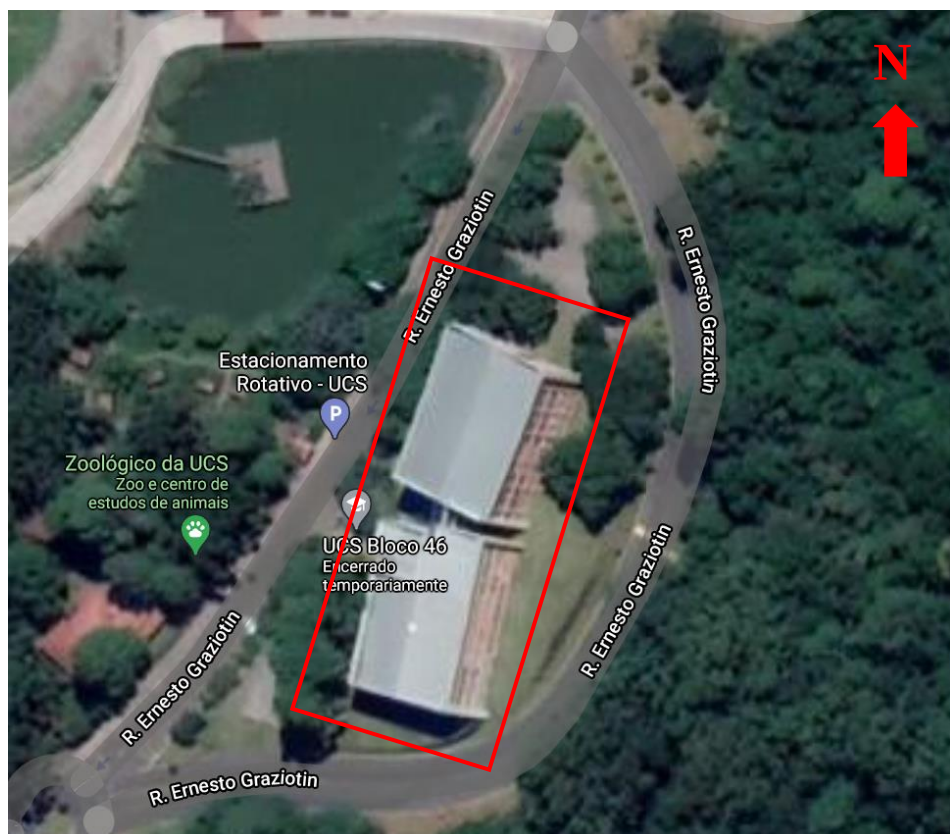


Fonte: Autora (2020)

3.1.2 Bloco 46

O lote em que a edificação se encontra está localizado na Rua Ernesto Graziotin, N° 1066-1372, Bairro Petrópolis, no município de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul. O mapa da edificação está representado na Figura 16.

Figura 16 - Localização do Bloco 46



Fonte: Google Maps (2020)

A estrutura foi construída no ano de 2002 e ampliada em 2005, seu sistema construtivo é de concreto armado e alvenaria de vedação. As fachadas mais externas são de tijolos aparentes como mostra a Figura 17a e 17b, já as fachadas que ligam a edificação através de uma passarela são de revestimento de argamassa, de acordo com Figura 17c e 17d. Atualmente a edificação passa por reformas internas para implantação do Hospital Veterinário da UCS, ela possui um subsolo, pavimento térreo, três pavimentos tipo e dispõe de elevador. A edificação está cercada a esquerda por vegetação e a direita pelo Zoológico e pelo lago da Universidade de Caxias do Sul.

Figura 17 - Fachadas do Bloco 46: a) Tijolo aparente (sul) b) Tijolo aparente (norte) c) Revestimento de argamassa (sul) d) Revestimento de argamassa (norte)



Fonte: Autora (2020)

3.2 EQUIPAMENTO

O equipamento utilizado para a aquisição dos termogramas foi a câmera termográfica modelo FLIR B360, vide Figura 18, disponível no Laboratório de Novas Tecnologias de Produção da Universidade de Caxias do Sul. O funcionamento desse equipamento consiste na detecção da energia infravermelha (calor) emitida pela superfície de um objeto, essa energia é convertida em um sinal eletrônico, que por sua vez é processado para produzir uma imagem ou vídeo termográfico em um monitor (FLIR SYSTEMS, 2019).

Figura 18 – Câmera termográfica FLIR 360



Fonte: FLIR Systems (2010)

A câmera termográfica FLIR B360 possui precisão de 2°C, as demais especificações desse equipamento encontram-se no Quadro 4. Após a aquisição dos termogramas foi possível fazer os processamentos de dados pelo *software QuickReport*, fornecido junto a câmera.

Quadro 4 - Especificações do Equipamento

Especificações	
Faixa de temperatura	-2°C à 120°C
Campo de visão	25° × 19°
Sensibilidade térmica	0,05°C
Foco	Manual/Automático
Resolução	320 × 240 pixels
Faixa espectral	7,5µm – 13µm

Fonte: Adaptado de FLIR Systems (2010)

3.3 OBTENÇÃO DOS TERMOGRAMAS

Os termogramas foram obtidos durante o período da manhã e da tarde, já que esses períodos correspondem a fase de aquecimento e resfriamento das fachadas, dessa forma, foi possível analisar em qual momento as manifestações patológicas são mais bem detectadas. Os equipamentos necessários para realização desse ensaio foram a câmera termográfica FLIR B360, um tripé e trena. O intervalo de tempo entre a obtenção de um termograma e outro era de 2 horas, pela manhã o ensaio teve início às 8:00 horas e durante a tarde às 14:00 horas, na Tabela 1 são representados os horários de aquisição dos termogramas.

Tabela 1 – Horários de aquisição dos termogramas

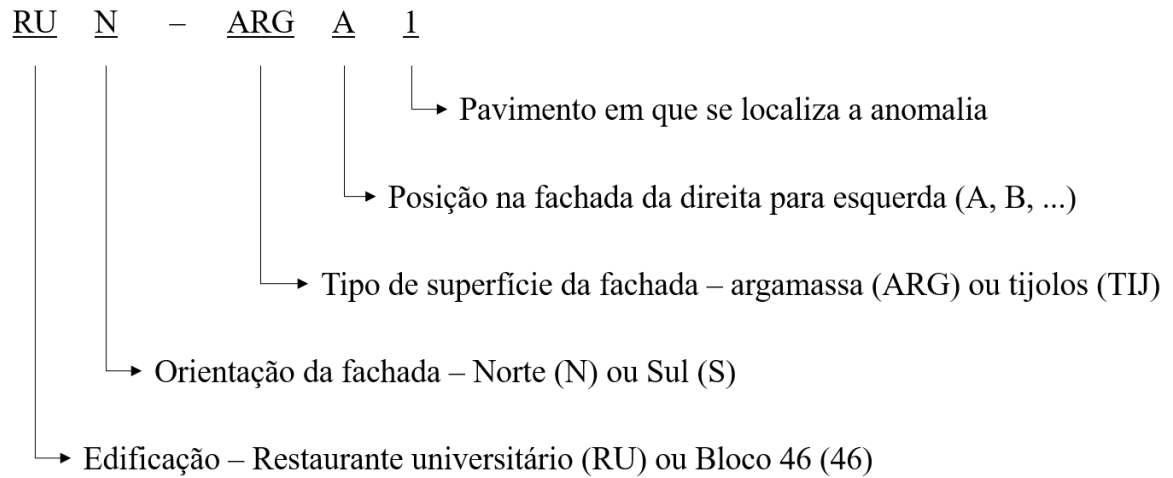
PERÍODO	HORÁRIO
Manhã	08:00
	10:00
	12:00
Tarde	14:00
	16:00
	18:00

Fonte: Autora (2019)

Durante a realização dos ensaios as condições meteorológicas estavam favoráveis, ou seja, não havia precipitação e havia radiação solar, assim como sugere Aidar (2019). Antes de posicionar a câmera foi necessário inserir os valores de temperatura ambiente, umidade relativa, temperatura aparente refletida e emissividade, que foram obtidos previamente. Outro valor inserido na câmera foi a distância horizontal entre o objeto (fachada) e o equipamento, após o posicionamento da câmera sobre o tripé, esta foi medida com trena e limitada a 10 m, visto que de acordo com Barreira, Almeida e Delgado (2016) grandes distâncias afetam a nitidez e a precisão dos termogramas. Com todos os parâmetros inseridos foi possível fazer a captura dos termogramas com a câmera termográfica.

Nas fachadas de tijolos aparentes do bloco 46 e nas fachadas de revestimento de argamassa de ambas edificações, para melhor obtenção dos termogramas foi necessário fazer a divisão da fachada em áreas menores. Essa divisão também foi necessária já que para enquadrar toda fachada seria necessária uma distância horizontal maior que 10m. A Figura 19 apresenta a forma com que essas áreas foram nomeadas de acordo com o bloco, orientação e tipo de revestimento.

Figura 19 - Nomenclatura das áreas de fachada



Fonte: Autora

No restaurante universitário foram estudadas áreas de fachada com revestimento de argamassa do primeiro e do segundo pavimento. A Figura 20a e 20b apresentam as áreas de fachada sul e norte do Restaurante Universitário selecionadas para o estudo.

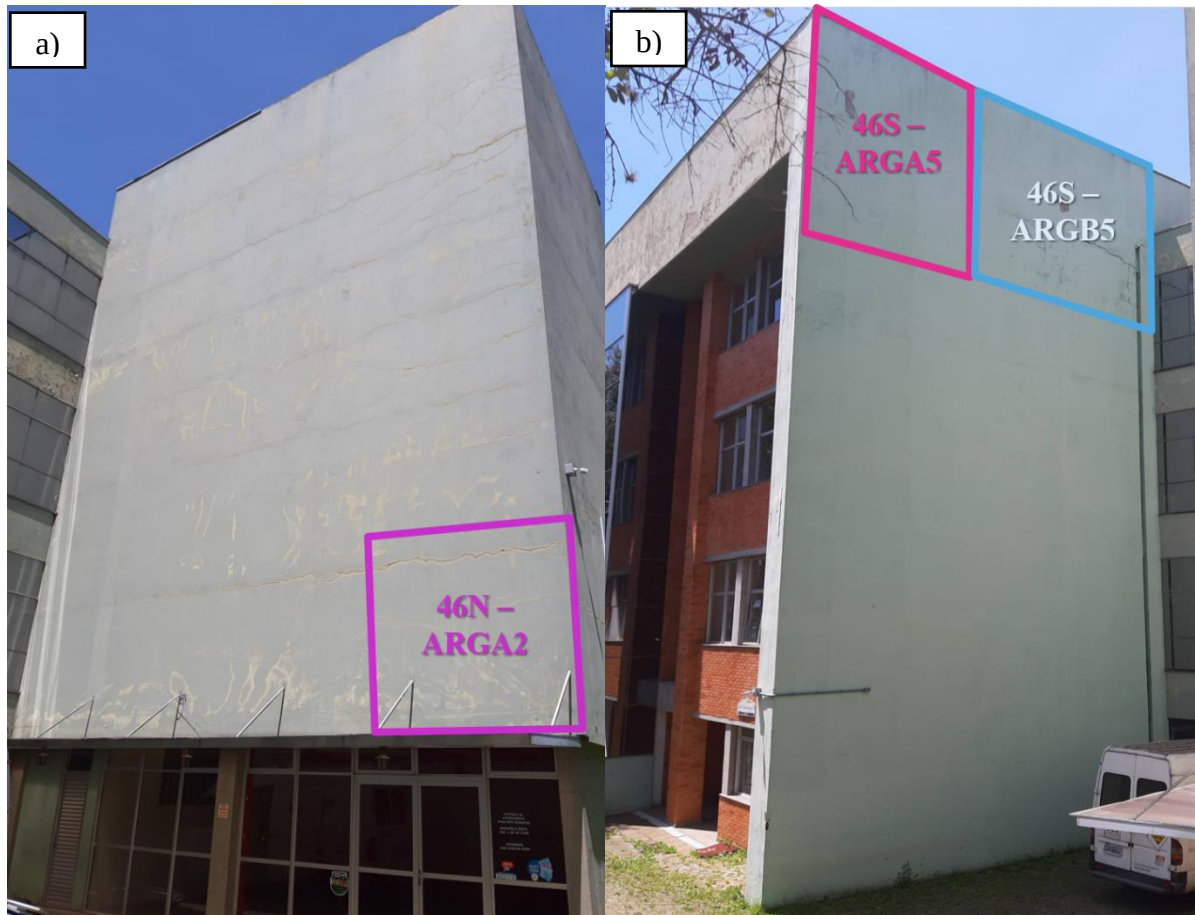
Figura 20 - Nomenclatura das áreas de fachada do restaurante universitário a) ao sul b) ao norte



Fonte: Autora (2020)

Na fachada sul com revestimento de argamassa do bloco 46 foram estudadas apenas áreas de fachada do último pavimento, na fachada norte a área estudada foi a do primeiro pavimento acima do térreo da edificação, foram selecionadas somente essas áreas pois haviam manifestações patológicas aparentes. A Figura 21a mostra a área da fachada norte que foi estudada e a Figura 21b as áreas ao sul.

Figura 21 - Nomenclatura das áreas de fachada do bloco 46 a) ao norte b) ao sul



Fonte: Autora (2020)

Nas fachadas norte e sul do restaurante universitário com tijolo aparente foram estudadas apenas uma área de fachada situada no primeiro andar da edificação. No bloco 46, as áreas de fachada com tijolo aparente estudadas foram as do primeiro andar e a delimitação das áreas está exemplificada na Figura 22a e 22b.

Figura 22 - Nomenclatura das áreas de fachada de tijolo aparente do Bloco 46 a) ao sul b) ao norte



Fonte: Autora (2020)

3.3.1 Medição das variáveis associadas ao alvo

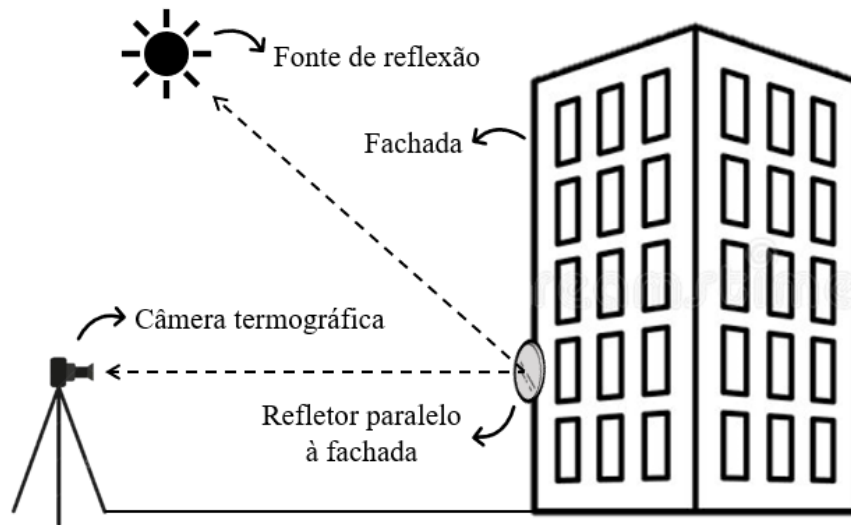
Para obtenção de termogramas com valores de temperatura mais precisos é necessário que as variáveis associadas ao alvo (fachada) como a temperatura aparente refletida e emissividade sejam mensuradas (BAUER; PAVÓN, 2015). Os materiais e métodos utilizados para determinação dessas variáveis serão descritos a seguir.

3.3.1.1 Método do refletor

A temperatura aparente refletida é a leitura de uma câmera termográfica sem remover a radiação incidente no instrumento. É necessário realizar a compensação dessa temperatura, pois quando esse valor é inserido arbitrariamente o resultado são termogramas com valores errados de temperatura (BAUER; PAVÓN; HILDENBERG, 2015). Para medição e compensação da temperatura aparente refletida foram seguidas as diretrizes da NBR 16292 (ABNT, 2014). Os materiais necessários para realização desse ensaio foram: câmera termográfica, tripé e um refletor infravermelho, conforme indica a norma, esse último foi feito com papel alumínio previamente amassado e depois estendido sobre um pedaço de papelão. As etapas desse ensaio foram executadas da seguinte maneira:

- a) Ajustar a emissividade da câmera para 1;
- b) Posicionar a câmera termográfica do mesmo modo que ela dever ser posicionada para medição de temperatura do objeto;
- c) Apontar a câmera termográfica para o objeto e ajustar o foco na área do objeto onde a temperatura aparente refletida deve ser medida;
- d) Colocar o refletor infravermelho feito de papel alumínio em frente e paralelo ao objeto, como na Figura 23;
- e) Sem mover a câmera termográfica e utilizando uma função de medição apropriada (ponto ou área), medir e anotar a temperatura aparente da superfície do refletor. Essa é a temperatura aparente refletida do objeto quando visto da posição indicada na Figura 23;
- f) Repetir os procedimentos descritos no item a ao item e no mínimo três vezes para obter a média da temperatura aparente refletida;
- g) Compensar a temperatura aparente refletida inserindo a média obtida no campo correspondente na câmera termográfica.

Figura 23 – Representação da posição dos equipamentos



Fonte: Adaptado de NBR 16292 (ABNT, 2014)

3.3.1.2 Método da emissividade conhecida

A emissividade (ϵ) é definida pela razão entre energia irradiada por um material e a energia irradiada por um corpo negro, isto é, a capacidade de uma superfície real emitir radiação (GARCIA, 2014). Os manuais das câmeras termográficas fornecem os valores de emissividade dos materiais, no entanto a utilização de valores aproximados introduz erros na leitura das temperaturas das superfícies em análise (BAUER; PAVÓN E HILDENBERG, 2015).

A determinação da emissividade dos materiais que compõem o revestimento das fachadas foi realizada de acordo com o método da emissividade conhecida, descrito pela NBR 16485 (ABNT, 2016). Os equipamentos utilizados para realização desse ensaio foram: câmera termográfica, tripé e um material de emissividade conhecida (fita isolante, $\epsilon=1$). As etapas do método são descritas a seguir:

- a) Posicionar a câmera no tripé a uma distância adequada do objeto. Medir a temperatura aparente refletida conforme a NBR 16292 (ABNT, 2014) e inserir o valor obtido na câmera termográfica;
- b) Aplicar o material com emissividade conhecida (fita isolante) na área do objeto, na qual a emissividade precisa ser medida ou adjacente a ela. Certificar que o material esteja seco e em bom contato com a superfície do objeto;

- c) Inserir o valor da emissividade do material utilizado como referência na câmera termográfica e medir a temperatura na superfície de referência. Registrar essa temperatura;
- d) Focar a câmera termográfica na parte da amostra imediatamente adjacente ao material de referência (onde a emissividade deve ser medida) ou remover o material e focar na área de onde foi retirado o material;
- e) Selecionar na câmera uma ferramenta de medição, preferencialmente média da área. Se utilizada a ferramenta ponto, realizar no mínimo três medições para obtenção da temperatura da área;
- f) Focar na área escolhida no item “d” e ajustar o parâmetro de emissividade da câmera termográfica até que o valor medido indique a mesma temperatura registrada no item “c”. Este valor de emissividade corresponde a emissividade do objeto para esta temperatura e faixa espectral da câmera termográfica.

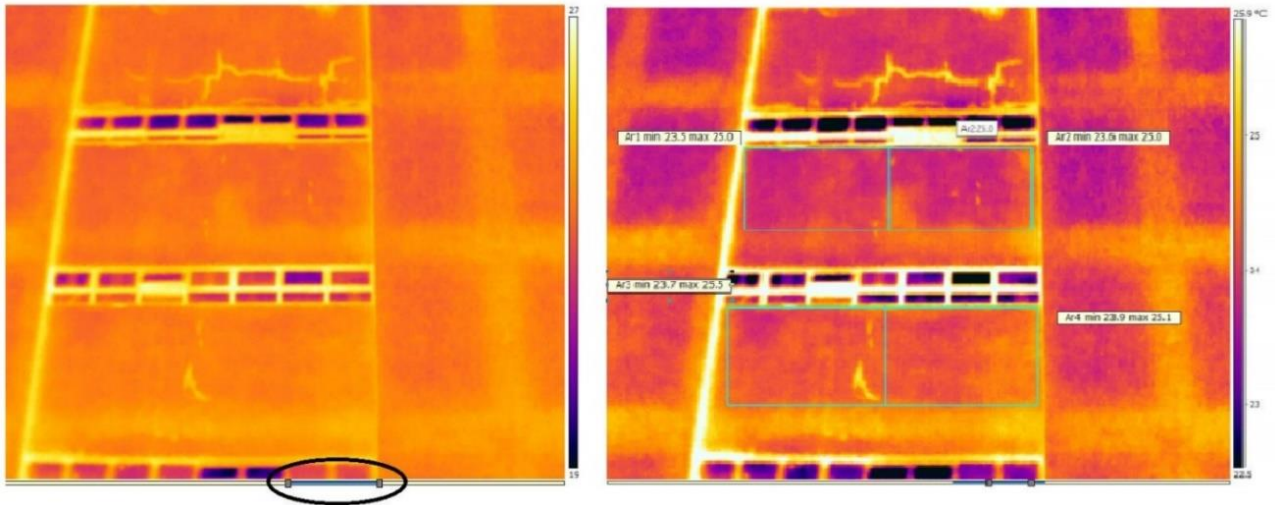
3.3.2 Análise dos termogramas

Os termogramas foram analisados de forma qualitativa e quantitativa. A análise qualitativa foi realizada de forma visual, identificando áreas que apresentam diferença de temperatura em relação a vizinha, que em teoria deveriam apresentar o mesmo valor. Já na análise quantitativa foram obtidos os valores de Delta-T, diferença entre a área com defeito e a área vizinha sem defeito (AIDAR, 2019).

3.3.2.1 Análise qualitativa

Para análise qualitativa dos termogramas foi utilizado o *software QuickReport*, nele é possível aumentar a nitidez do termograma, criar áreas de medição, onde é dada a temperatura média, mínima e máxima da região como pode ser visto na Figura 24a e 24b, bem como, analisar a temperatura em cada ponto. Dessa forma foi realizada uma avaliação e comparação de todos os termogramas, da região mais ou menos propícia de uma manifestação patológica.

Figura 24 - Termograma: a) antes do ajuste de nitidez b) após ajuste de nitidez



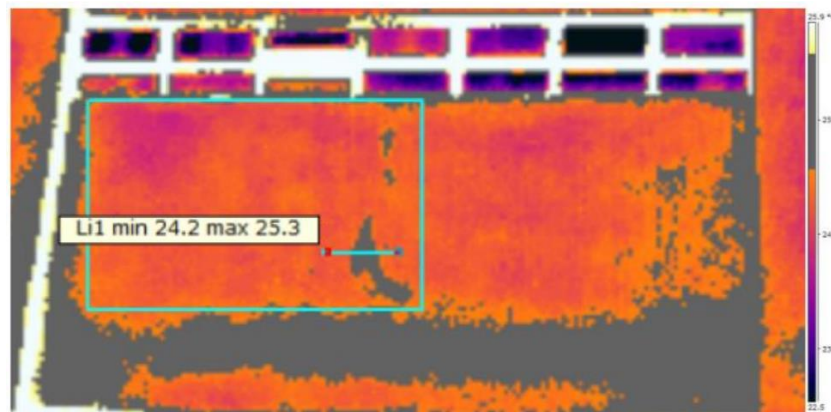
Fonte: Aidar (2019)

3.3.2.2 Análise quantitativa

Para análise quantitativa foram utilizados o *software QuickReport* e Excel, conforme proposto por Aidar (2019). O Delta-T é uma função de contraste que avalia a visualização de uma anomalia pela diferença de temperatura da anomalia e da região vizinha a ela. Por meio desse valor também é possível encontrar o melhor momento para realização o ensaio, visto que quanto maior o Delta-T, maior o contraste e assim a anomalia é detectada com mais facilidade. As etapas para a determinação do Delta-T são descritas a seguir:

- Criar uma linha no *QuickReport* que percorra toda a anomalia encontrada, como na Figura 25;

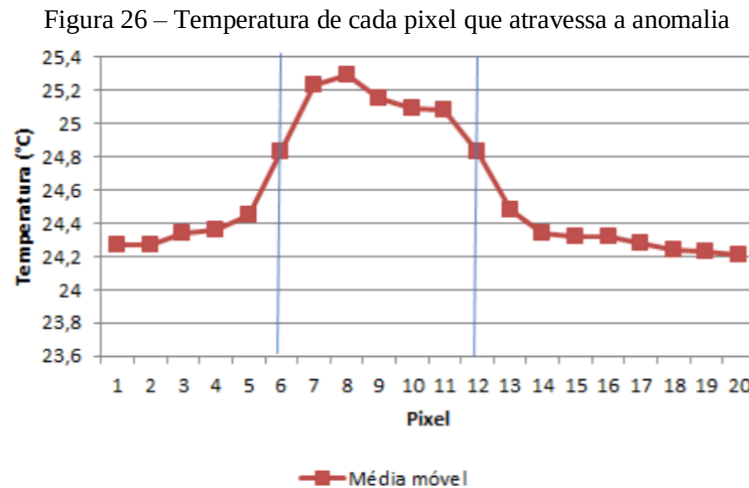
Figura 25 – Linha para determinar Delta-T



Fonte: Aidar (2019)

- Exportar os dados (valor da temperatura em cada pixel) da linha para o Excel;

- c) Realizar a média móvel da temperatura entre dois pixels consecutivos, para reduzir as grandes variações de temperatura de um pixel para outro;
- d) Criar um gráfico de temperatura *versus* pixel, assim como a Figura 26;
- e) Delimitar o defeito que estará entre os pixels com máxima e mínima inclinação da reta, de acordo com a Figura 26;



Fonte: Aidar (2019)

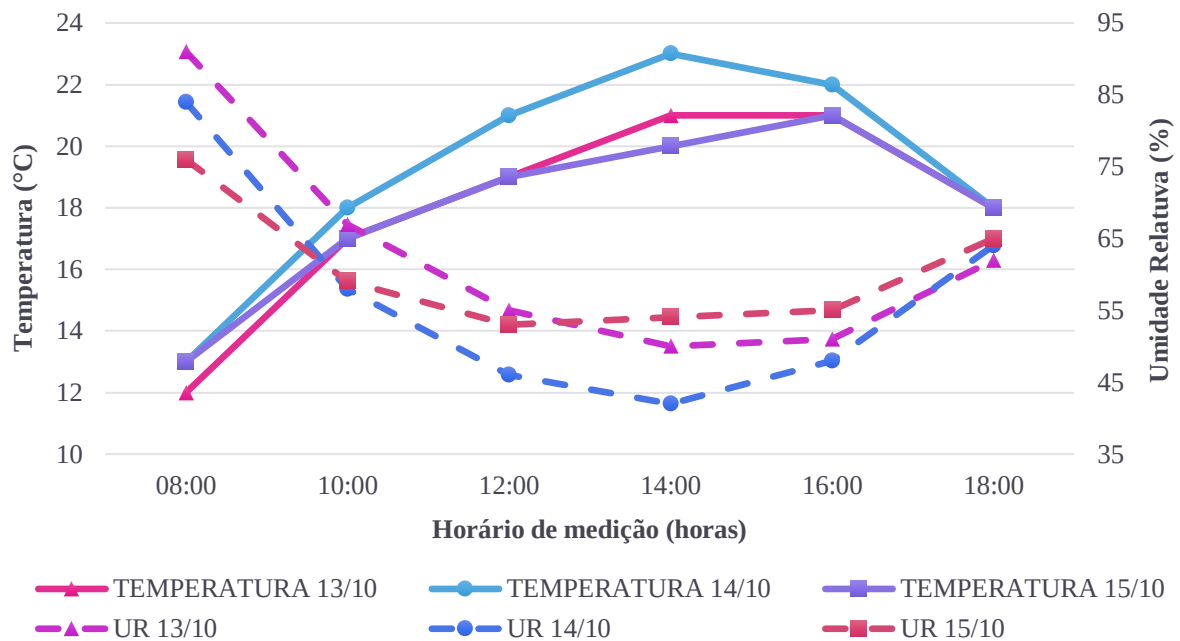
- f) Calcular o Delta-T de entrada subtraindo o máximo valor de temperatura interna do defeito e o pixel anterior ao defeito;
- g) Calcular o Delta-T de saída pela subtração entre o máximo valor de temperatura interna do defeito e o pixel posterior ao defeito;
- h) Determinar o Delta-T, que será o valor máximo entre o Delta-T de entrada e o Delta-T de saída.

3.3.3 Considerações a respeito da obtenção dos termogramas

Ainda, os ensaios foram realizados nos dias 13, 14 e 15 de outubro e não havia chovido a 8 dias, a Figura 27 apresenta a variação de temperatura e umidade relativa durante os três dias de ensaio. Observa-se que à medida que a temperatura aumenta a umidade relativa reduz e vice-versa. Também, a temperatura e a umidade relativa de um dia em relação ao outro apresentou comportamento semelhante, sem grandes variações, dessa forma, pode-se dizer que os ensaios foram realizados sob as mesmas condições climáticas. No primeiro dia foram obtidos os

termogramas do restaurante universitário, no segundo das áreas de fachada com tijolo aparente do bloco 46 e no último dia as áreas de fachada com revestimento de argamassa.

Figura 27 - Variação da temperatura e umidade relativa durante os ensaios



Fonte: Autora (2020)

A Tabela 2 apresenta o registro da temperatura e da umidade relativa em cada horário de obtenção dos termogramas das áreas de fachada das diferentes edificações, como também, os resultados das medições das variáveis associadas ao alvo (temperatura aparente refletida e emissividade). Com relação a temperatura aparente refletida, constata-se que de forma geral ela aumenta de acordo com o aquecimento das fachadas e diminui ao passo que as fachadas resfriam. No entanto, em alguns casos, em fachadas voltadas ao sul essa variável apresenta um decréscimo seguido de crescimento novamente, acredita-se que isso se deve ao fato de que nesse horário a fachada recebe menor insolação refletindo menores temperaturas.

Tabela 2 - Variáveis medidas nos ensaios

(continua)

Horário	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Temperatura aparente refletida (°C)	Emissividade
RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO (SUL) - REVESTIMENTO DE ARGAMASSA				
08:00	12	91	9,1	0,92
10:00	17	67	4,8	0,93
12:00	19	55	3,7	0,94
14:00	21	50	12,3	0,93
16:00	21	51	9,6	0,93
18:00	18	62	6,3	0,93

(conclusão)

RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO (NORTE) - REVESTIMENTO DE ARGAMASSA				
08:00	12	91	5,1	0,79
10:00	17	67	6,0	0,83
12:00	19	55	17,0	0,73
14:00	21	50	33,0	0,83
16:00	21	51	29,0	0,84
18:00	18	62	18,7	0,84
RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO (SUL) - TIJOLO APARENTE				
08:00	12	91	-2,7	0,86
10:00	17	67	7,3	0,88
12:00	19	55	3,2	0,88
14:00	21	50	16,6	0,84
16:00	21	51	25,6	0,80
18:00	18	62	17,9	0,80
RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO (NORTE) - TIJOLO APARENTE				
08:00	12	91	5,1	0,83
10:00	17	67	13,2	0,80
12:00	19	55	23,0	0,82
14:00	21	50	29,5	0,82
16:00	21	51	14,9	0,83
18:00	18	62	8,4	0,83
BLOCO 46 (SUL) - TIJOLO APARENTE				
08:00	13	84	11,8	0,80
10:00	18	58	16,4	0,85
12:00	21	46	14,5	0,80
14:00	23	42	15,8	0,83
16:00	22	48	15,0	0,85
18:00	18	64	14,3	0,82
BLOCO 46 (NORTE) - TIJOLO APARENTE				
08:00	13	84	16,6	0,83
10:00	18	58	21,8	0,82
12:00	21	46	24,8	0,89
14:00	23	42	20,5	0,89
16:00	22	48	20,5	0,85
18:00	18	64	16,9	0,89
BLOCO 46 (SUL) - REVESTIMENTO DE ARGAMASSA				
08:00	13	76	11,2	0,86
10:00	17	59	15,6	0,80
12:00	19	53	23,2	0,90
14:00	20	54	26,7	0,95
16:00	21	55	21,8	0,89
18:00	18	65	16,9	0,90
BLOCO 46 (NORTE) - REVESTIMENTO DE ARGAMASSA				
08:00	13	76	11,3	0,84
10:00	17	59	16,3	0,80
12:00	19	53	24,3	0,91
14:00	20	54	27,7	0,80
16:00	21	55	23,5	0,90
18:00	18	65	18,8	0,92

Fonte: Autora (2020)

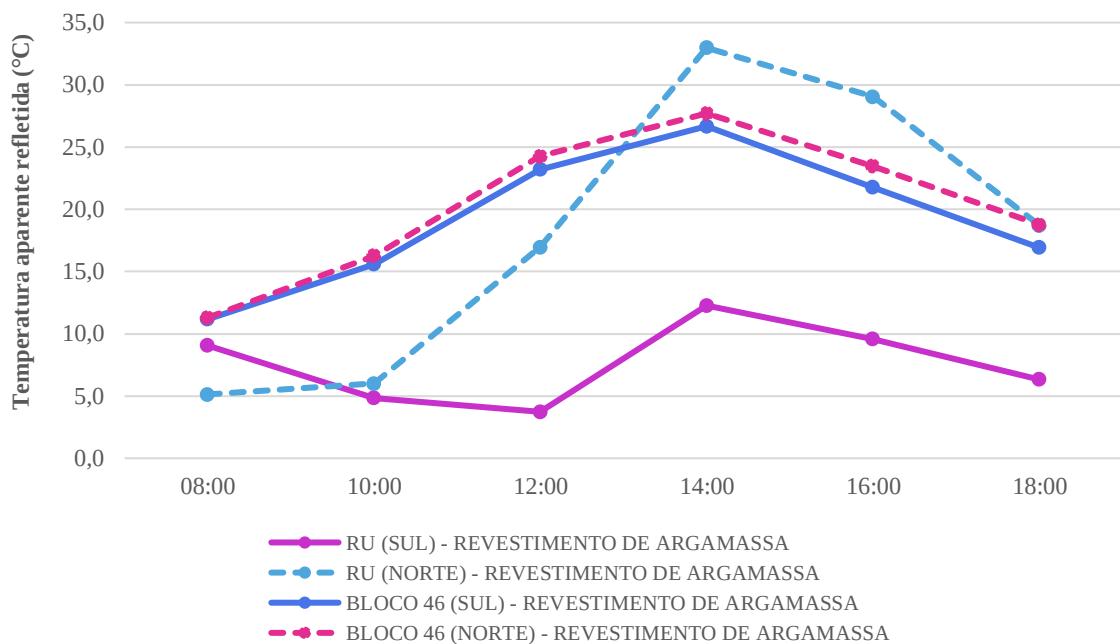
Em todos os ensaios a temperatura máxima foi registrada entre às 14 e 16 horas, a umidade relativa por sua vez, alcançou seu maior valor no início dos ensaios, às 08 horas

quando as temperaturas eram as menores. Barreira (2004) afirma que as condições climáticas interferem durante as medições, já que estão associadas as trocas de calor entre o objeto e o meio, além de intervirem no funcionamento da câmera termográfica, pois quando os valores não são elevados não auxiliam o equipamento. Desta forma pelos dias de ensaio se tratarem de dias quentes e possuírem temperaturas máximas superiores à 20°C acredita-se que a detecção das anomalias não foi prejudicada.

Com relação a temperatura aparente refletida alguns aspectos foram notados, comparando os valores registradas ao norte, com exceção apenas da fachada de tijolo aparente do bloco 46, todas demais alcançaram seu maior valor às 14 horas, isso pode ter ocorrido pela presença de vegetação próxima a essa fachada, que segundo Aidar (2019) a vegetação causa sombreamento e afeta o comportamento térmico da região, nesse caso como esse parâmetro trata-se da radiação que é refletida da fachada, a sombra interferiu fazendo com que menos radiação fosse refletida nesse horário.

No Sul, os valores máximos apenas coincidiram para as fachadas que possuem revestimento de argamassa. Se tratando desse tipo de revestimento, todas fachadas tiveram seu máximo valor no mesmo horário como pode ser visualizado na Figura 28. Ainda, observa-se que as fachadas do Bloco 46 apresentaram valores aproximados, acredita-se que isso se deve ao fato de uma fachada estar voltada para outra, dessa forma a radiação incidente em uma fachada passa a ser refletida na outra e vice-versa.

Figura 28 - Temperatura aparente refletida nas fachadas de revestimento de argamassa



No que diz respeito a emissividade, a média das emissividades das fachadas com revestimento de argamassa é de 0,87, já as fachadas de tijolo aparente possuem média de 0,84. Não foi observado nenhum padrão para as emissividades dos diferentes tipos de revestimento e posicionamento das fachadas, de acordo com Garcia (2014) o valor exato da emissividade de uma superfície é desconhecido e se deve levar em consideração que essa variável depende de diversos parâmetros como o comprimento de onda, a temperatura, o acabamento da superfície dos materiais e o ângulo de observação. Assim sendo, o fato de as emissividades encontradas não seguirem uma tendência está relacionado aos diversos fatores que interferiram durante a sua medição.

A Tabela 3 apresenta a emissividade dos materiais tijolo e argamassa segundo o manual da câmera termográfica FLIR B360. Verificou-se que as emissividades obtidas através das medições se encontram em conformidade, já que apresentam valor aproximado do especificado nas tabelas de emissividade do manual do equipamento e também na maioria dos estudos de manifestações patologias em fachadas é utilizada a faixa de emissividade entre 0,85 até 0,95 (BAUER; PAVÓN; HILDENBERG, 2015).

Tabela 3 - Emissividade dos Materiais

Material	Especificação	Temperatura (°C)	Emissividade
Tijolo	Comum	17	0,86 - 0,81
Tijolo	vermelho, comum	20	0,93
Argamassa	-	17	0,87
Argamassa	Seca	36	0,94

Fonte: Adaptado de FLIR (2020)

Durante as medições alguns casos foram observados. O primeiro deles diz respeito ao vento, observou-se que a presença de vento interferiu na nitidez durante a obtenção dos termogramas e muitas vezes foi necessário repetir a captura dos mesmos, isso pode estar relacionado ao fato de que o vento dissipa o calor. De acordo com Rebelo (2017) o transporte de calor é afetado pelas condições meteorológicas como velocidade do vento e radiação solar direta, dessa forma, durante a obtenção dos termogramas quando havia vento alguns termogramas não captaram os elementos das fachadas de forma nítida. Garcia (2014) afirma que mesmo de forma menos significativa a incidência solar, o vento e a distância entre o equipamento e o objeto também influenciam nas medições. Ainda, segundo Barreira (2004) a movimentação do ar influencia na obtenção dos termogramas e altera os resultados pois provoca variações na temperatura envolvente, isso tudo vai de encontro com a afirmação feita anteriormente de que a nitidez é afetada pela dissipação do calor através do vento.

Esse fato ocorreu com mais frequência nas fachadas voltadas para o sul, com tijolo aparente, na Figura 29 pode ser observado que o termograma não apresenta de forma nítida a diferença entre o tijolo e a argamassa. Deve-se destacar que a posição da fachada pode ter contribuído, já que estando voltada para o sul a fachada recebe menor insolação e colabora para perda de nitidez do termograma.

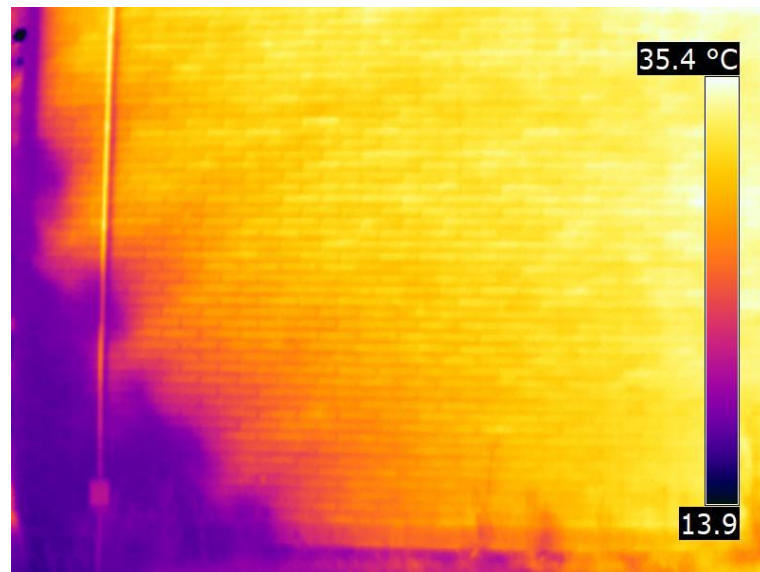
Figura 29 - Termograma com pouca nitidez retirado da fachada de tijolo aparente do RU (sul)



Fonte: Autora (2020)

Outro fator observado está relacionado com a vegetação próxima a fachada norte do Bloco 46. Na Figura 30 é possível visualizar uma parte da fachada com temperaturas baixas em relação as demais, a vegetação reduz a temperatura no local e causa sombras. Deve-se atentar para que não ocorra erros na interpretação dos termogramas quando há presença de vegetação, uma maneira de verificar se há ocorrência de uma manifestação patológica é ter conhecimento prévio do local e analisar nos termogramas obtidos em outros horários se essa redução de temperatura persiste.

Figura 30 - Termograma com sombra da vegetação: Bloco 46 tijolo aparente (norte)



Fonte: Autora (2020)

Ao realizar a análise qualitativa foi necessário atentar para os materiais e objetos que compõem a fachada. Segundo Garcia (2014) existem ainda outros fatores além dos climáticos que influenciam nos ensaios termográficos, tais como, presença de radiadores, luzes artificiais, veículos automóveis, equipamentos em funcionamento, pessoas, entre outros. Um exemplo desses fatores encontrados durante os ensaios são as câmeras de segurança instaladas na fachada, a presença de tubulação, calhas e outros objetos que estavam junto a fachada e criaram uma área com temperaturas diferentes das demais que se não identificados inicialmente poderiam ter introduzido erros na análise.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo serão apresentados os resultados obtidos através da metodologia. Os valores de Delta-T foram encontrados apenas para as fachadas com revestimento de argamassa, em razão de que as manifestações patológicas encontradas nas fachadas de tijolos aparentes não foram detectadas pela termografia.

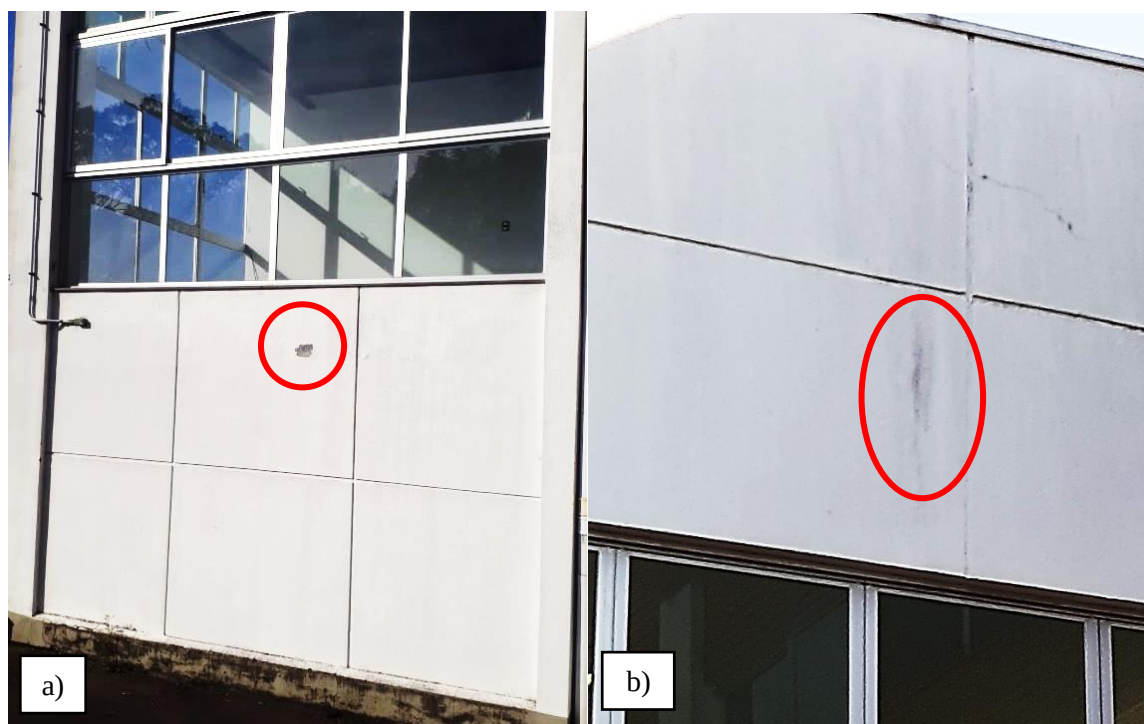
4.1 ANÁLISES DAS FACHADAS COM REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

Nesse item estão contidas as manifestações patológicas presentes nas fachadas com revestimento de argamassa e que foram detectadas pela termografia. No restaurante universitário apenas as áreas RUN – ARG1, RUN – ARG2, RUS – ARG3 e RUS – ARG4 foram analisadas, pois as manifestações patológicas constatadas através da inspeção visual também foram detectadas com o uso da câmera termográfica, já no Bloco 46 as áreas analisadas foram as 46N – ARG1. 46S – ARG2 e 46S – ARG3.

4.1.1 Restaurante universitário

Nas fachadas norte e sul do restaurante universitário foram constatadas manifestações patológicas como destacamento de pintura e mancha. Essas manifestações foram detectadas pela termografia e analisadas quantitativamente através do Delta-T a fim de verificar o período em que ficaram mais evidentes na detecção. Na fachada posicionada ao norte as manifestações patológicas analisadas foram um destacamento de pintura presente em uma área do primeiro pavimento (RUN – ARG1) e uma mancha presente no segundo pavimento próxima ao topo da edificação (RUN – ARG2), ambas podem ser identificadas na Figura 31a e 31b.

Figura 31 - Manifestações patológicas na fachada norte do Restaurante Universitário: a) destacamento de pintura b) mancha

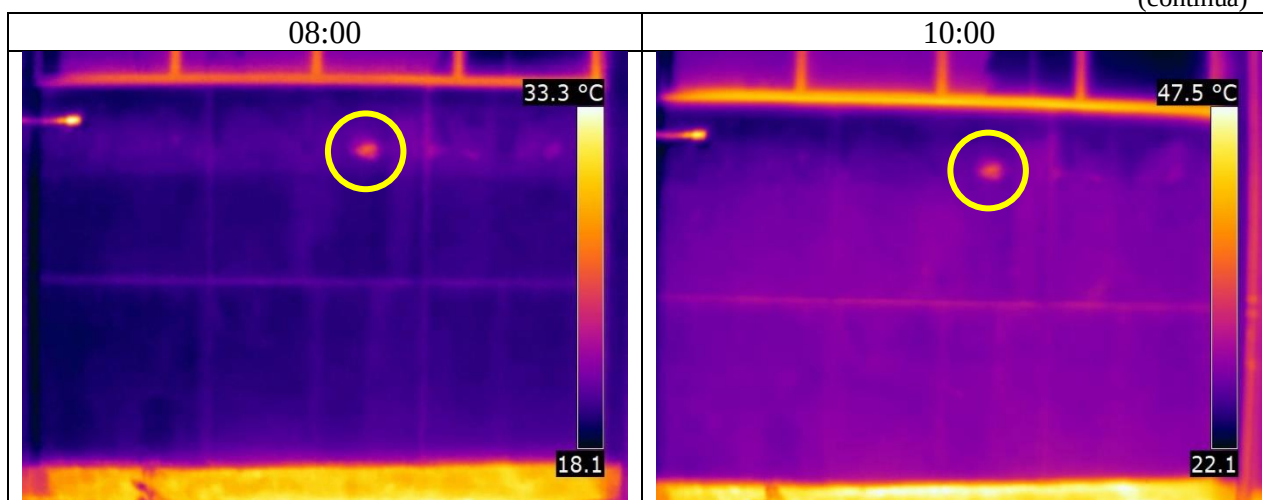


Fonte: Autora (2020)

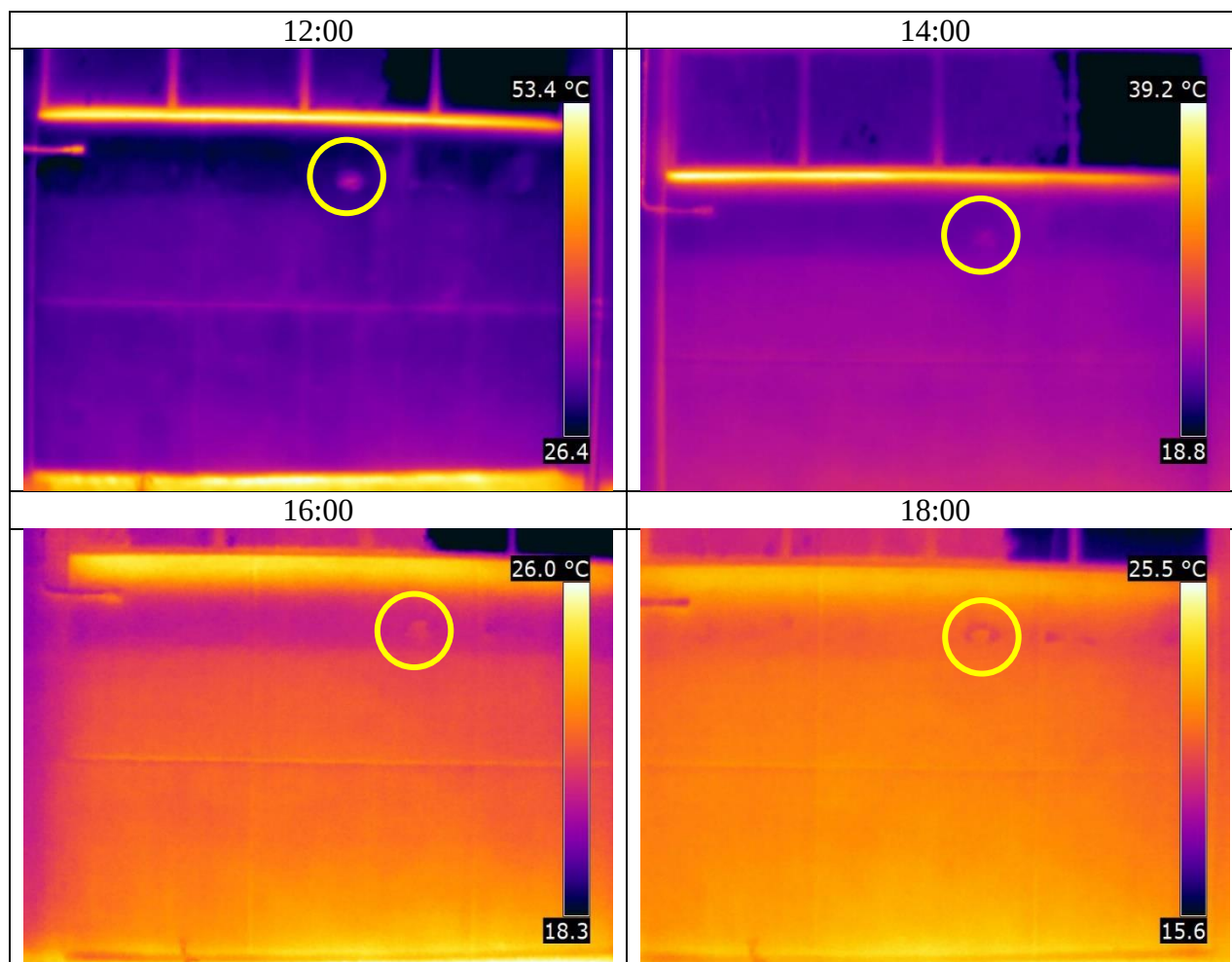
Ao analisar qualitativamente a área RUN – ARG1 observa-se a presença da manifestação patológica nos termogramas obtidos em diferentes horários para região, como pode ser visualizado no Quadro 5. A anomalia se comportou da mesma forma em todos os termogramas, apresentando temperaturas maiores que as vizinhas, no entanto as 18 horas ela se encontra com temperaturas próximas a das áreas vizinhas e ao seu redor as temperaturas encontram-se menores.

Quadro 5 - Termogramas para área RUN – ARG1

(continua)



(conclusão)



Fonte: Autora, 2020.

Os gráficos utilizados para determinação do Delta-T da área RUN – ARG1 estão disponíveis no Apêndice A, neles é possível observar que a temperatura dentro da anomalia se encontra mais alta em relação as áreas vizinhas. Além disso, na Tabela 4 estão os valores obtidos para o Delta-T dessa região e as outras variáveis que podem ser analisadas junto a esse parâmetro. No período da manhã os valores de Delta-T aumentam à medida que a temperatura aumentou. Às 14 horas quando é registrado o maior valor de temperatura aparente refletida o Delta-T decresce e as 18 horas o valor aumenta novamente. Além disso, observa-se que o maior Delta-T ocorre no menor registro de emissividade e antes do máximo valor da temperatura aparente refletida.

Tabela 4 - Delta-T's da manifestação patológica RUN – ARG1

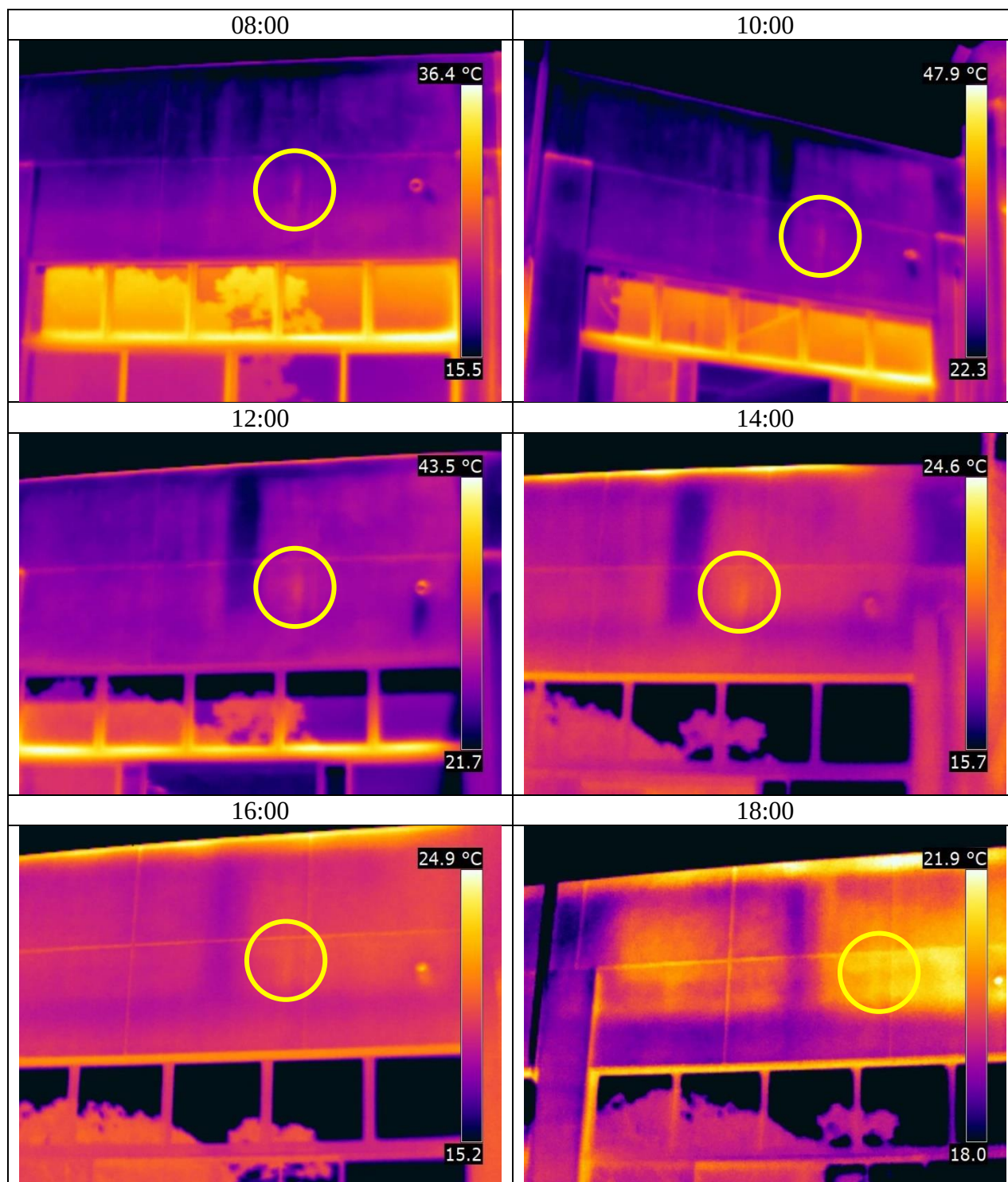
Horário	DT (°C)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Temperatura aparente refletida (°C)	Emissividade
08:00	1,79	12	91	5,13	0,79
10:00	2,14	17	67	6,00	0,83
12:00	2,98	19	55	16,97	0,73
14:00	0,77	21	50	32,97	0,83
16:00	0,37	21	51	29,03	0,84
18:00	0,53	18	62	18,70	0,84

Fonte: Autora (2020)

Bauer *et al.* (2016) observaram que os maiores Delta-T's ocorrem entre 10 e 12 horas, mesmo horário que foram registrados os maiores valores de Delta-T para essa anomalia. Além disso, Brique (2016) afirma que quando a umidade relativa diminui, os contrastes ficam menos evidentes e quando a umidade volta a aumentar, os defeitos voltam a ser detectados pela câmera termográfica, foi o que ocorreu nesse estudo, durante a tarde os valores de umidade relativa diminuíram juntamente com Delta-T e depois voltaram a aumentar. Entretanto, deve-se destacar que todas as variáveis devem ser consideradas, já que a relação de apenas uma variável com Delta-T é complexa e vários outros aspectos também podem influenciar nos resultados.

No Quadro 6, os termogramas da área RUN – ARG2 apontam uma pequena “linha” com temperatura diferente das próximas a ela. Essa anomalia não é de fácil percepção e é menos evidente nos termogramas obtidos a tarde, porém ela foi constatada porque se tinha conhecimento prévio de onde ela estava localizada como mostra a Figura 31, assim sendo ela não foi detectada somente pela nitidez ou contorno da falha. Nos termogramas é possível visualizar a esquerda uma pequena área de forma circular que se parece com uma anomalia, no entanto trata-se de uma tubulação que vem da laje. Também, observa-se ao redor dessa tubulação temperaturas menores que podem ser confundidas com umidade, mas refere-se a sombra que esse elemento causa na fachada.

Quadro 6 – Termogramas da manifestação patológica RUN – ARGC2



Fonte: Autora (2020)

Os gráficos para determinação do Delta-T da área RUN – ARGC2 estão disponíveis no Apêndice B, com auxílio deles é possível distinguir que se trata de uma anomalia quente, já que sua temperatura é maior que as vizinhas. Na Tabela 5 estão os valores de Delta-T para essa área juntamente com as outras variáveis que dizem respeito as condições de ensaio. No período da manhã os valores de Delta-T aumentam à medida que a temperatura aumenta até às 10 horas

quando atinge seu maior valor, todavia, às 12:00 o valor de Delta-T, mesmo sendo considerável decresce com o aumento da temperatura e às 18:00, quando a temperatura diminui ele atinge seu menor valor. Em seu estudo, Edis, Flores-Colen e Brito (2014) constataram que os problemas de umidade são detectados durante o dia quando há ganho de calor na fachada, além disso, obtiveram Delta-T's de maior magnitude por volta do meio-dia, o mesmo ocorreu nessa pesquisa onde os valores de Delta-T foram maiores no período de aquecimento da fachada.

Tabela 5 - Delta-T's da manifestação patológica RUN – ARGC2

Horário	DT (°C)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Temperatura aparente refletida (°C)	Emissividade
08:00	1,21	12	91	5,13	0,79
10:00	1,44	17	67	6,00	0,83
12:00	1,09	19	55	16,97	0,73
14:00	0,39	21	50	32,97	0,83
16:00	0,3	21	51	29,03	0,84
18:00	0,22	18	62	18,70	0,84

Fonte: Autora (2020)

Na fachada posicionada ao Sul as manifestações patológicas analisadas foram dois destacamentos de pintura presentes no segundo pavimento (RUS – ARGB2 e RUS – ARGC2). Na Figura 32 os destacamentos de pintura são apresentados, a anomalia presente na área RUS – ARGB2 encontra-se próxima ao topo da edificação, já RUS – ARGC2 está localizada em um pilar onde passa uma tubulação para drenagem da água da chuva.

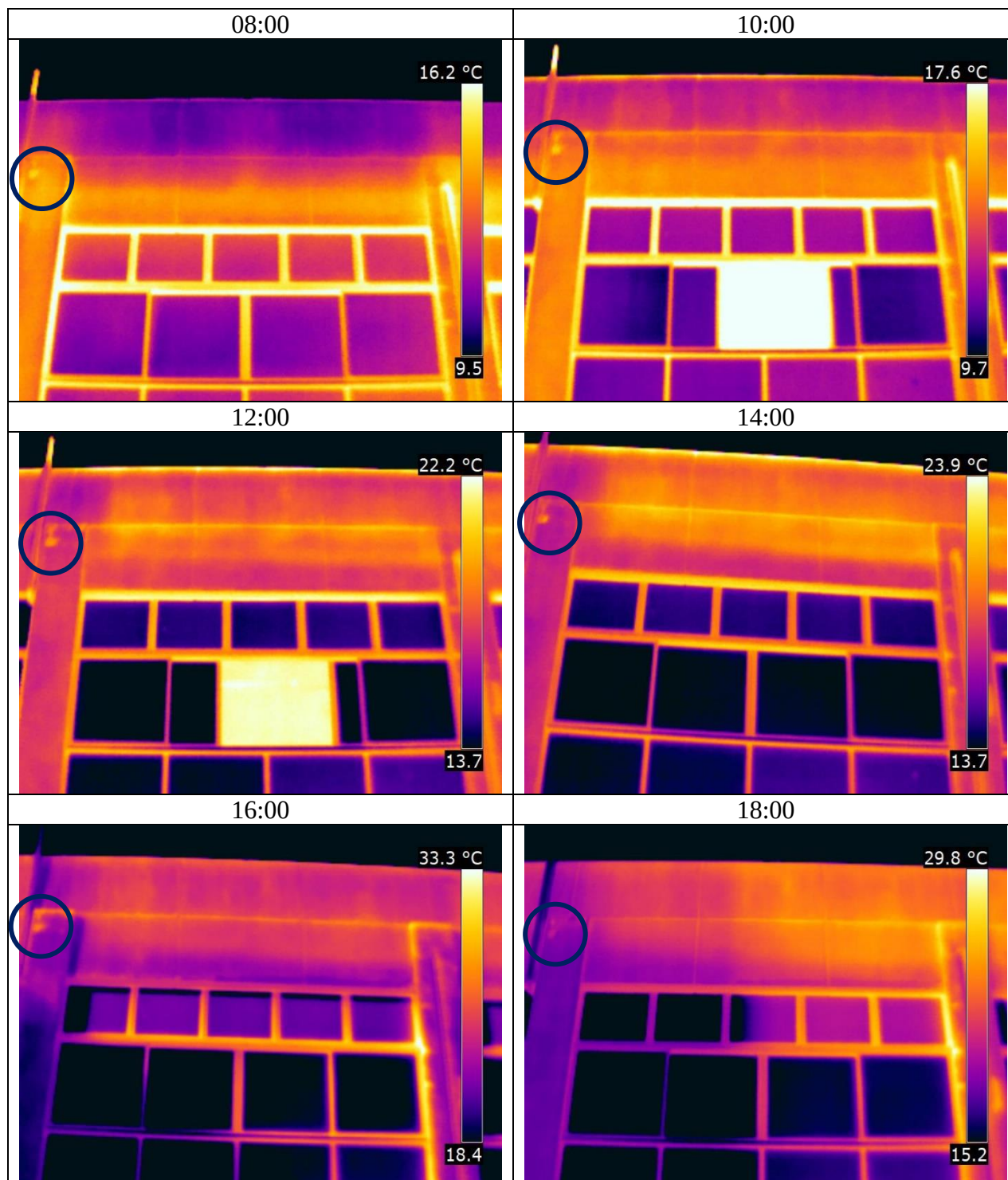
Figura 32 - Manifestações patológicas na fachada sul do Restaurante Universitário: a) destacamento de pintura RUS – ARGB2 b) destacamento de pintura RUS – ARGC2



Fonte: Autora (2020)

O Quadro 7 mostra os termogramas da área RUS – ARGB2, onde mesmo a anomalia sendo pequena conseguiu ser capturada, possuindo temperaturas mais altas que as demais. No termograma obtido às 18:00 ela é quase imperceptível, um dos motivos que auxiliou para isso foi o fato de que nesse horário, quando o sol está se pondo, parte da edificação que possui fachada mais a frente faz sombra na fachada de estudo.

Quadro 7 - Termogramas da manifestação patológica RUS – ARGB2



Fonte: Autora (2020)

Os gráficos utilizados para determinação do Delta-T da área RUS – ARGB2 estão disponíveis no Apêndice C, neles é possível observar que a temperatura dentro da anomalia se encontra maior em relação as áreas vizinhas. Na Tabela 6 estão os valores obtidos para o Delta-T dessa região e as outras variáveis que podem ser analisadas junto a esse parâmetro. No período da manhã os valores de Delta-T aumentam à medida que a temperatura aumenta, às 14:00 o valor de Delta-T decresce coincidindo com o valor máximo da temperatura aparente refletida. Às 16 horas há um acréscimo do valor seguido de um decréscimo às 18:00. De acordo com Brique (2016), às 16:00 a velocidade dos ventos diminui e os defeitos voltam a serem visualizados, contudo, isso não pode ser afirmado já que nesse estudo essa variável não foi mensurada.

Tabela 6 - Delta-T's da manifestação patológica RUS – ARGB2

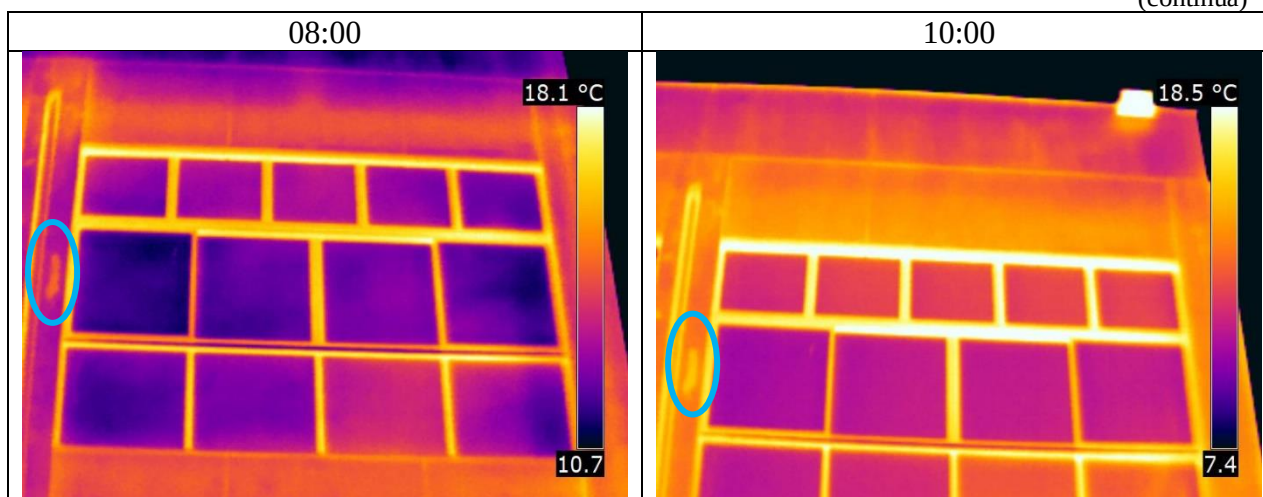
Horário	DT (°C)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Temperatura aparente refletida (°C)	Emissividade
08:00	0,9	12	91	9,07	0,92
10:00	1,2	17	67	4,83	0,93
12:00	1,53	19	55	3,73	0,94
14:00	1,13	21	50	12,27	0,93
16:00	1,35	21	51	9,57	0,93
18:00	0,59	18	62	6,33	0,93

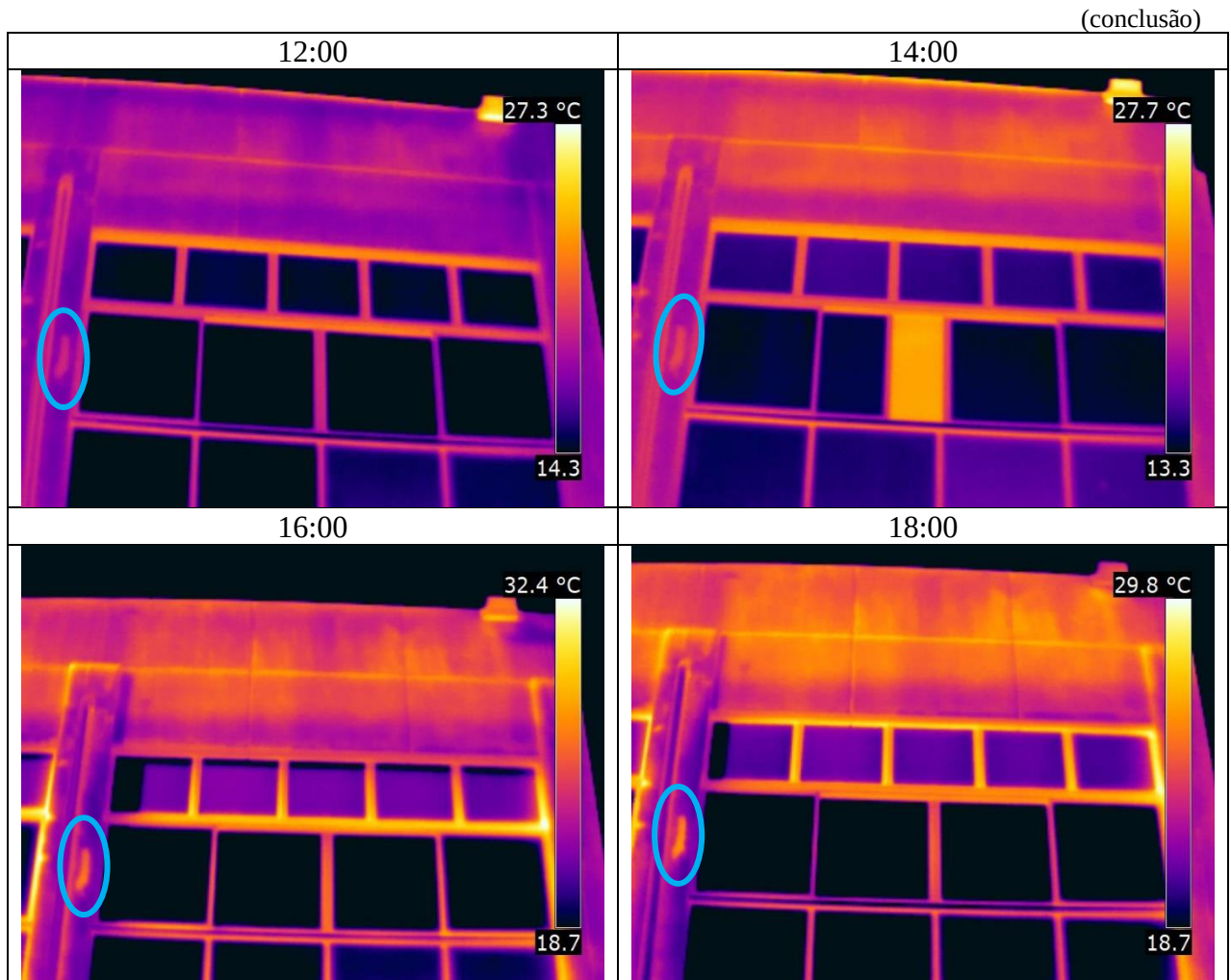
Fonte: Autora (2020)

Ao analisar a área RUS – ARGC2 pode-se observar a presença da manifestação patológica nos termogramas obtidos em diferentes horários para região, como pode ser visualizado no Quadro 8. A anomalia se comportou da mesma forma em todos os termogramas, apresentando temperaturas maiores que as vizinhas, a partir da análise visual a anomalia parece ter sido melhor capturada às 16 e 18 horas.

Quadro 8 - Termogramas da manifestação patológica RUS – ARGC2

(continua)





Fonte: Autora (2020)

A partir do Apêndice D podem ser visualizados os gráficos utilizados para determinação do Delta-T, também pode ser visto que a anomalia possui mais pixels, ou seja, é maior tamanho em relação as apresentadas anteriormente, isso ocorre porque a linha com as informações de temperatura foi traçada verticalmente no software *Quick Report*. Na Tabela 7 estão os valores de Delta-T para essa anomalia, a partir das 10 horas ele se comporta de acordo com a temperatura, aumenta até as 16:00 e depois diminui as 18:00, no entanto seu valor continua elevado.

Tabela 7 - Delta-T's da manifestação patológica RUS – ARG2

Horário	DT (°C)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Temperatura aparente refletida (°C)	Emissividade
08:00	0,86	12	91	9,07	0,92
10:00	0,8	17	67	4,83	0,93
12:00	0,99	19	55	3,73	0,94
14:00	1,12	21	50	12,27	0,93
16:00	1,52	21	51	9,57	0,93
18:00	1,2	18	62	6,33	0,93

Fonte: Autora (2020)

Em alguns casos o contraste térmico se encontra bem delimitado na fase de resfriamento, isso ocorre pela diferença no tamanho e profundidade dos defeitos, que afetam a resistência térmica do conjunto e facilitam a visualização nos termogramas (BRIQUE, 2016). Nesse sentido, o aumento no valor de Delta-T na fase de resfriamento pode ser explicado devido a anomalia ser superficial e apresentar maior tamanho.

4.1.2 Bloco 46

Nas fachadas norte e sul do Bloco 46 foram identificadas manifestações patológicas como destacamento de pintura e fissuras. Essas manifestações também foram detectadas pela termografia e analisadas quantitativamente através do Delta-T a fim de verificar o período em que foram mais bem detectadas. No Norte a manifestação patológica estudada (46N – ARG2) trata-se de uma fissura localizada no primeiro pavimento, acima do térreo da edificação, como está apresentado na Figura 33.

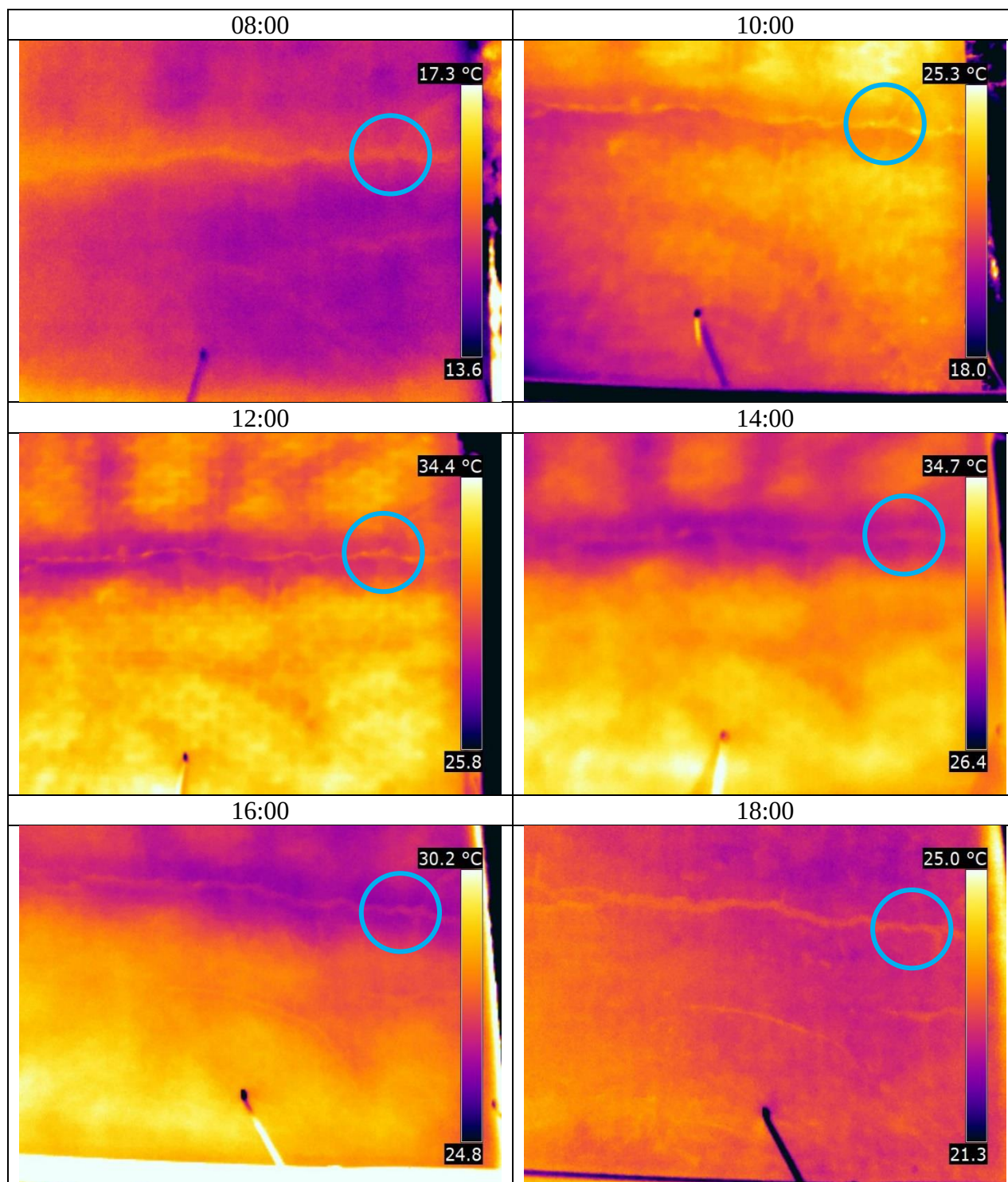
Figura 33 - Manifestação patológica na fachada norte do Bloco 46



Fonte: Autora (2020)

No Quadro 9 estão os termogramas da área mencionada, onde a fissura apresenta-se mais quente em relação as demais áreas. Nos termogramas, com exceção dos obtidos às 12:00 e às 18:00, percebe-se que a nitidez foi comprometida, aparentando ser uma imagem “tremida”, no entanto, isso ocorreu devido a incidência de vento durante a obtenção dos termogramas, como mencionado anteriormente, acredita-se que o vento dissipa o calor e interfere na nitidez.

Quadro 9 - Termogramas da manifestação patológica 46N – ARGA2



Fonte: Autora (2020)

O Apêndice E contém os gráficos utilizados para determinação do Delta-T, neles é possível observar que antes da anomalia as temperaturas estão estáveis, então sofrem decréscimo e ao entrar na anomalia voltam a aumentar até atingir o valor máximo dentro dela, depois voltam a decrescer, aumentam e atingem a estabilidade novamente, com isso pode-se afirmar que ao redor da fissura as temperaturas encontram-se mais frias. Na Tabela 8 estão os

valores de Delta-T, nota-se que durante a manhã os valores aumentam com a temperatura e o máximo valor de Delta-T ocorre antes da maior temperatura aparente refletida.

Tabela 8 - Delta-T's da manifestação patológica 46N – ARGA2

Horário	DT (°C)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Temperatura aparente refletida (°C)	Emissividade
08:00	0,18	13	76	11,30	0,84
10:00	0,43	17	59	16,27	0,80
12:00	0,63	19	53	24,27	0,91
14:00	0,15	20	54	27,70	0,80
16:00	0,25	21	55	23,47	0,90
18:00	0,17	18	65	18,77	0,92

Fonte: Autora (2020)

Às 14 horas Delta-T atinge seu menor valor ao mesmo tempo que a temperatura aparente refletida apresentou seu valor máximo. Freitas, Carasek e Cascudo (2014) em seu estudo concluíram que o melhor período para identificar fissuras em estação seca é o da tarde, a partir das 15 horas, diferente desse caso, que mesmo com o valor de Delta-T tendo aumentado as 16, seu maior valor foi às 12 horas.

Na fachada posicionada ao sul as manifestações patológicas analisadas foram um destacamento de pintura (46S – ARGA5) e uma fissura (46S – ARGB5). Ambas estão localizadas no último pavimento da edificação como pode ser identificado na Figura 34.

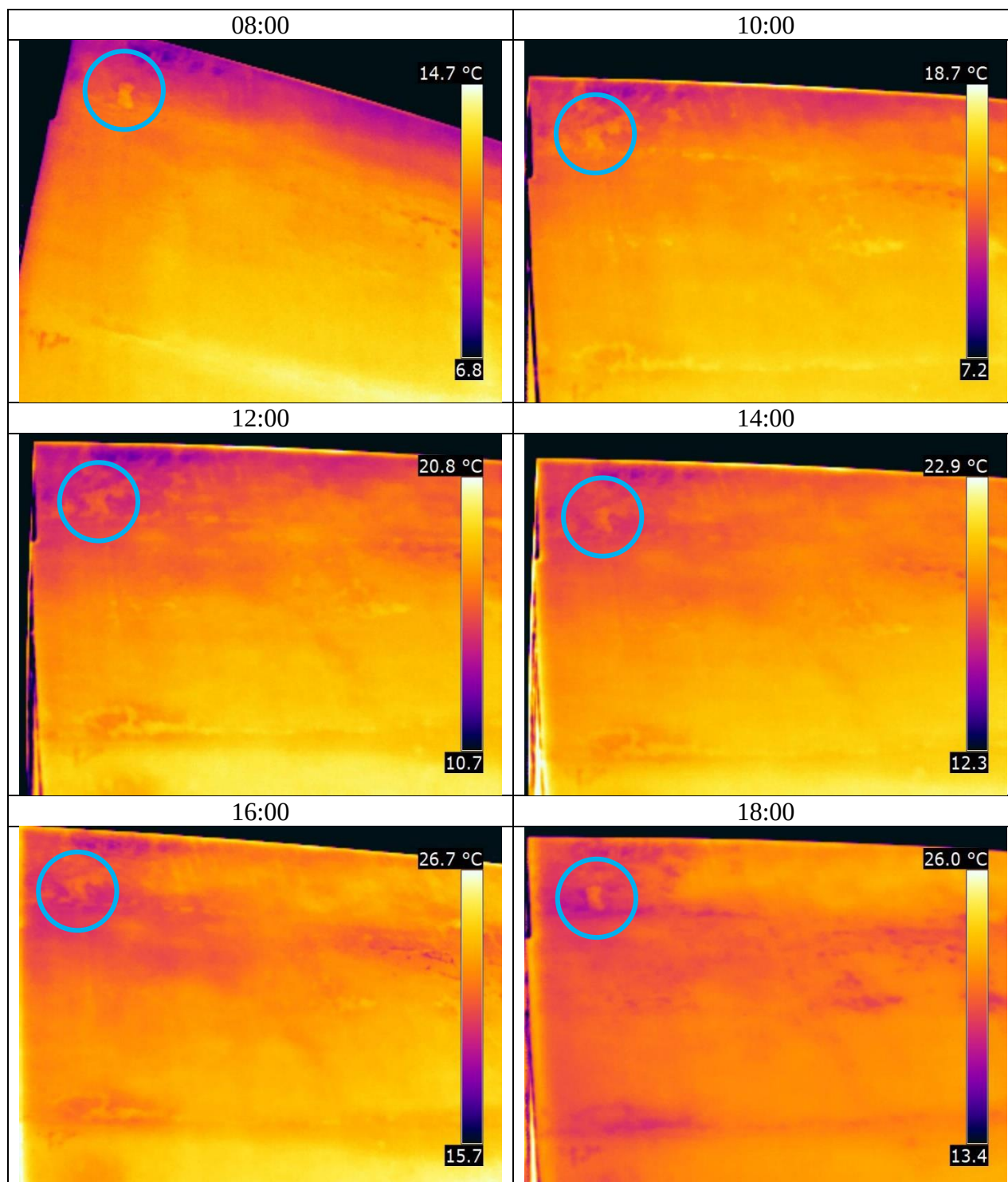
Figura 34 - Manifestações patológicas na Fachada sul do bloco 46



Fonte: Autora (2020)

O Quadro 10 mostra os termogramas da área 46S – ARGA5, onde a anomalia foi percebida como uma região mais quente em relação as demais. Em alguns termogramas percebe-se que a área ao redor da anomalia se encontra mais fria em relação as demais.

Quadro 10 - Termogramas da manifestação patológica 46S – ARGA5



Fonte: Autora (2020)

Os gráficos utilizados para determinação do Delta-T estão no Apêndice F, a partir deles é possível verificar que se trata de uma anomalia quente. Na tabela 9 estão os valores de Delta-T que cresceram juntamente com o aumento da temperatura até as 16 horas. Às 18 horas mesmo com a temperatura caindo o valor de Delta-T continua em elevação. Novamente, esse fato pode estar relacionado pela diferença de tamanho e profundidade dos defeitos que afetam a resistência térmica tornando a visualização dos defeitos mais clara na fase de resfriamento.

Tabela 9 - Delta-T's da manifestação patológica 46S – ARGAS

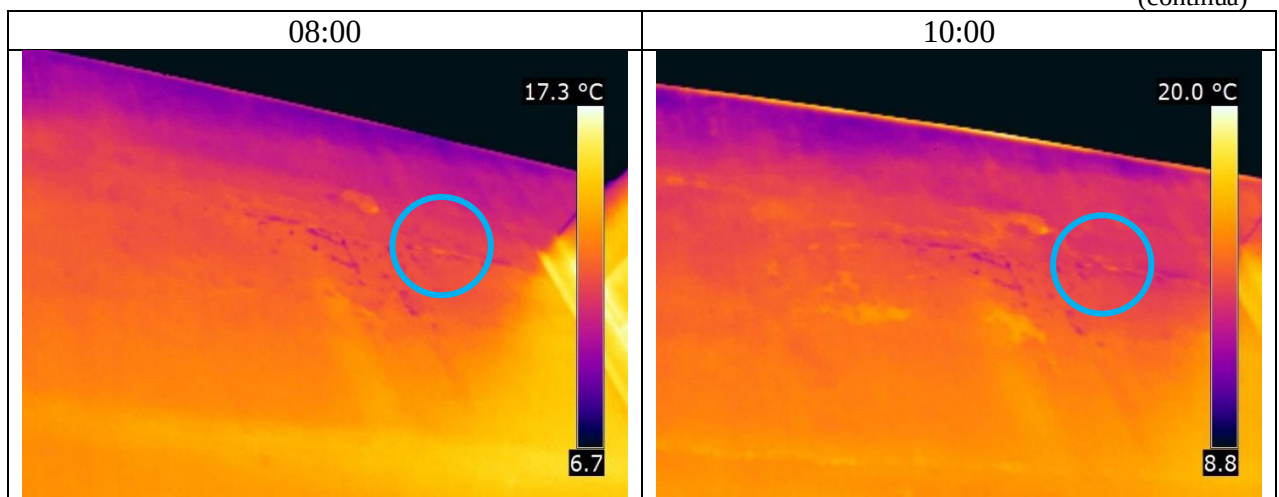
Horário	DT (°C)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Temperatura aparente refletida (°C)	Emissividade
08:00	0,33	13	76	11,17	0,86
10:00	0,41	17	59	15,60	0,80
12:00	0,46	19	53	23,20	0,90
14:00	0,47	20	54	26,67	0,95
16:00	0,52	21	55	21,77	0,89
18:00	0,6	18	65	16,93	0,90

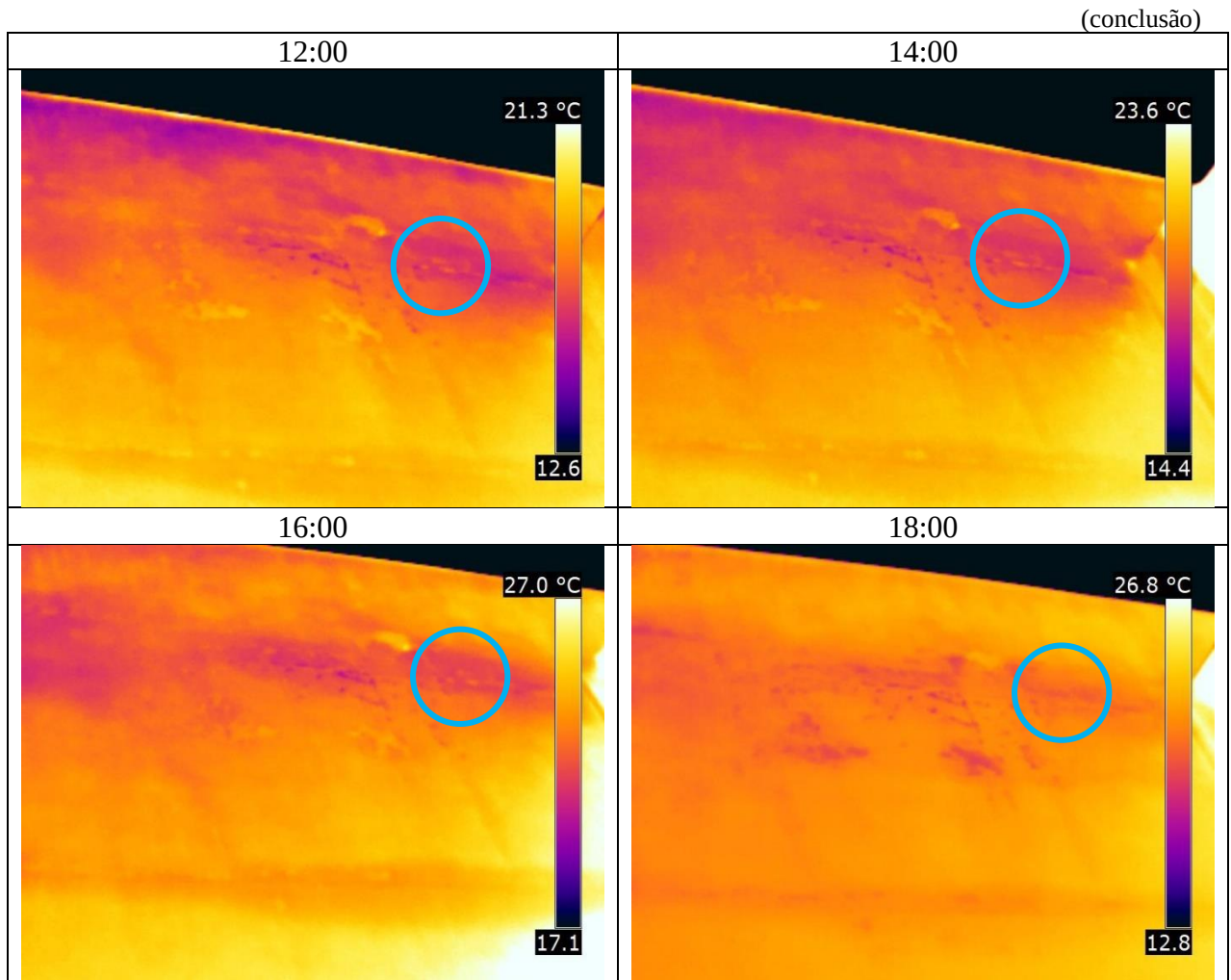
Fonte: Autora (2020)

Ao analisar a área 46S – ARGB5 pode-se observar a presença da manifestação patológica nos termogramas obtidos em diferentes horários para região, como pode ser visualizado no Quadro 11. A anomalia se comportou da mesma forma em todos os termogramas, apresentando temperaturas maiores que as vizinhas.

Quadro 11 - Termogramas da manifestação patológica 46S – ARGB5

(continua)





Fonte: Autora (2020)

Os gráficos utilizados para determinação do Delta-T da área 46S – ARGB5 estão disponíveis no Apêndice G, neles é possível observar que a temperatura dentro da anomalia se encontra mais alta em relação as áreas vizinhas. Além disso, na Tabela 10 estão os valores obtidos para o Delta-T dessa região e as outras variáveis que podem ser analisadas junto a esse parâmetro. Com o passar das horas, verifica-se que o valor de Delta-T diminui mesmo com o aumento da temperatura.

Tabela 10 - Delta-T's da manifestação patológica 46S – ARGB5

Horário	DT (°C)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Temperatura aparente refletida (°C)	Emissividade
08:00	1,18	13	76	11,17	0,86
10:00	0,94	17	59	15,60	0,80
12:00	0,84	19	53	23,20	0,90
14:00	0,66	20	54	26,67	0,95
16:00	0,62	21	55	21,77	0,89
18:00	0,47	18	65	16,93	0,90

Fonte: Autora (2020)

Novamente analisando os gráficos percebe-se que as temperaturas da região da anomalia têm maior variação no primeiro horário, Bauer e Pavón (2017) afirmam que os máximos valores de Delta-T para fissuras são obtidos durante o início da manhã, quando o crescimento da temperatura ambiente é mais rápido, o que é equivalente ao início de um ciclo de aquecimento. Bauer *et al.* (2016) observaram que os limites dos defeitos aparecem melhor definidos nos intervalos de tempo em que o crescimento da temperatura da superfície é maior, tendo em vista isso pode-se afirmar que para essa anomalia o valor de Delta-T foi maior quando houve crescimento da temperatura ambiente e da superfície da fachada, às 8 horas.

4.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES OBTIDOS PARA DELTA-T NAS FACHADAS COM REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

Com intuito verificar se há alguma constância nos valores obtidos para Delta-T, estes foram agrupados na Tabela 11. O maior Delta-T obtido para cada anomalia detectada nas diferentes fachadas posicionadas ao norte e ao sul foi destacado, desse modo, constata-se que em sua maioria eles ocorreram no período da manhã. Vale ressaltar que os Delta-T's que apresentaram valor máximo para o período de resfriamento das fachadas tratam-se de destacamentos de pintura em fachadas voltadas para o Sul.

Tabela 11 - Comparação entre os Delta-T's

Horário	DELTA-T (°C)						
	RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO				BLOCO 46		
	Norte		Sul		Norte	Sul	
	RUN-ARGA1	RUN-ARGC2	RUS-ARGB2	RUS-ARGC2	46N-ARGA1	46S-ARGA5	46S-ARGB5
08:00	1,79	1,21	0,9	0,86	0,18	0,33	1,18
10:00	2,14	1,44	1,2	0,8	0,43	0,41	0,94
12:00	2,98	1,09	1,53	0,99	0,63	0,46	0,84
14:00	0,77	0,39	1,13	1,12	0,15	0,47	0,66
16:00	0,37	0,3	1,35	1,52	0,25	0,52	0,62
18:00	0,53	0,22	0,59	1,2	0,17	0,6	0,47

Fonte: Autora (2020)

Analisando isoladamente os resultados obtidos, pode-se afirmar que o período em que as manifestações patológicas foram mais bem detectadas é o da manhã e isso vai ao encontro com o indicado na literatura (BAUER *et al.*, 2016; BAUER; PAVÓN, 2017). Entretanto, por se tratar de um ensaio realizado em campo, está sujeito a diversas variáveis que não podem ser

controladas e tornam ainda mais complexa a avaliação isolada do valor de Delta-T (BRIQUE, 2016).

Além da emissividade, distância ao objeto, ângulo de observação e refletividade que podem influenciar os resultados obtidos, em ambientes abertos, como fachadas as variáveis ambientais como radiação solar, vento e elementos do meio circundante podem interferir nos resultados (LA FÉ, 2017). Levando em consideração essas afirmações as condições ambientais durante o ensaio foram analisadas juntamente com o Delta-T, desse modo, constatou-se que para anomalias posicionadas ao norte do Restaurante Universitário (RUN – ARG1 e RUN – ARG2) os maiores valores de Delta-T ocorreram após grande variação da umidade relativa e temperatura. Para as anomalias RUS – ARGB2, 46S – ARG5 e 46N – ARG2 também foi verificado que após uma grande variação da umidade relativa obteve-se o maior valor de Delta-T.

Outro comportamento observado está relacionado a temperatura aparente refletida, em todas as fachadas voltadas para o norte Delta-T decresce consideravelmente quando foi registrado o máximo valor dessa variável. Isso ocorre, de acordo com Bauer, Milhomem e Aida (2018), porque conforme a fachada aquece, o valor de Delta-T aumenta até se estabilizar em um certo momento, então oscila de acordo com as condições de radiação incidentes. Ou seja, sob temperaturas mais altas a fachada aquece e atinge equilíbrio com o ambiente tornando difícil a medição do Delta-T causando redução na nitidez nos termogramas, isso explica porque o Delta-T dessas anomalias diminuiu no mesmo instante que a temperatura refletida alcançou seu maior valor.

Pode-se afirmar que as manifestações patológicas em fachadas de revestimento de argamassa voltadas para o norte apresentaram resultados consideráveis no período da manhã, entre as 10 e as 12 horas. Bauer, Pávon e Oliveira (2016) concluíram que assim como para essa pesquisa, o melhor período para a inspeção termográfica corresponde ao período da manhã e que foram registrados entre às 10 e 12 horas os maiores valores de Delta-T. Já as fachadas de revestimento de argamassa voltadas ao sul não possuem um comportamento definido, apenas observa-se que ambos destacamentos de pintura obtiveram maiores valores de Delta-T a tarde.

Comparando as manifestações patológicas, apenas os destacamentos de pintura encontrados na fachada sul do restaurante universitário obtiveram valores de Delta-T máximo próximos, no entanto isso não foi observado para o mesmo horário. Com relação as fissuras, a encontrada ao sul do Bloco 46 apresentou maior valor de Delta-T que a encontrada ao norte. Segundo Freitas, Carasek e Cascudo (2014) as fachadas ao sul tendem a apresentar menor

número de fissuras, uma vez que recebem menor insolação e, conseqüentemente, há menor variação térmica entre os elementos que compõem as fachadas. No entanto, Bauer *et al.* (2016) afirmam que quanto maior for a profundidade da fissura, maior será o Delta-T, dessa forma, nesse caso o valor de Delta-T encontrado não está relacionado a posição da fachada e sim a profundidade da manifestação patológica.

4.3 ANÁLISES DAS FACHADAS COM TIJOLOS APARENTE

Nas fachada sul do Restaurante Universitário foi identificada uma manifestação patológica referente a uma mancha. A Figura 35 apresenta a anomalia que está localizada próxima a base da edificação. No entanto, essa anomalia não foi capturada pelos termogramas como está exposto no Apêndice H. A fachada oposta a essa (norte) aparentemente não possuía nenhuma manifestação patológica, apenas foi capturada para comparação entre norte e sul e a partir do Apêndice H verifica-se que não foi encontrada nenhuma anomalia para essa área.

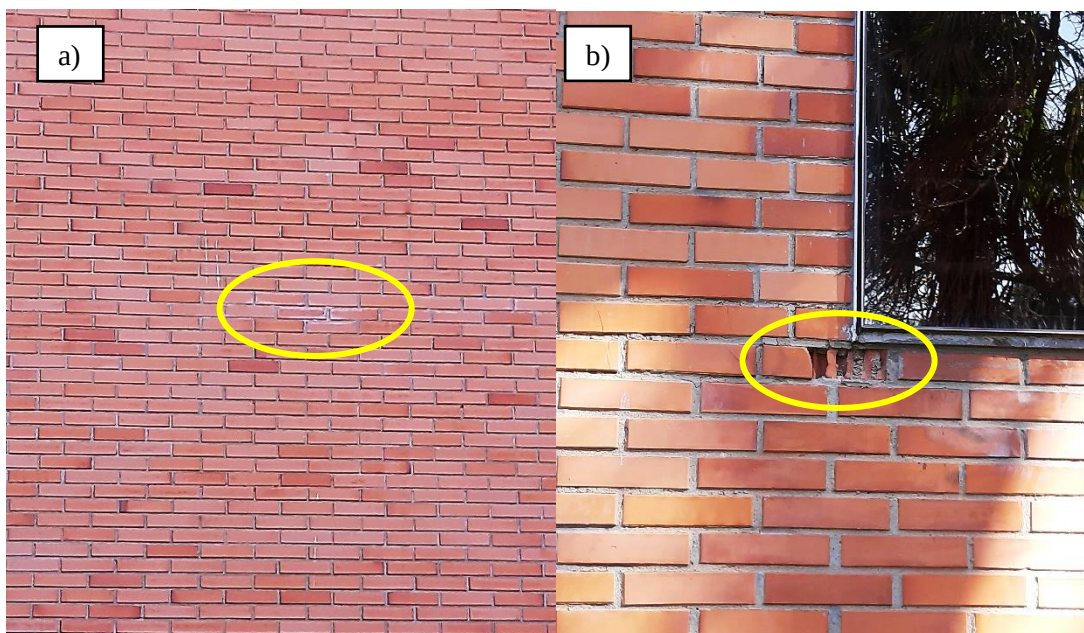
Figura 35 - Manifestação patológica na fachada sul de tijolo aparente do RU



Fonte: Google Maps (2020)

Nas fachadas norte e sul de tijolo aparente do Bloco 46 foram encontradas manifestações patológicas como eflorescências e defeito do sistema. Na Figura 36 essas anomalias podem ser observadas.

Figura 36 - Manifestações patológicas nas fachadas de tijolo aparente do bloco 46: a) eflorescência b) defeito do sistema

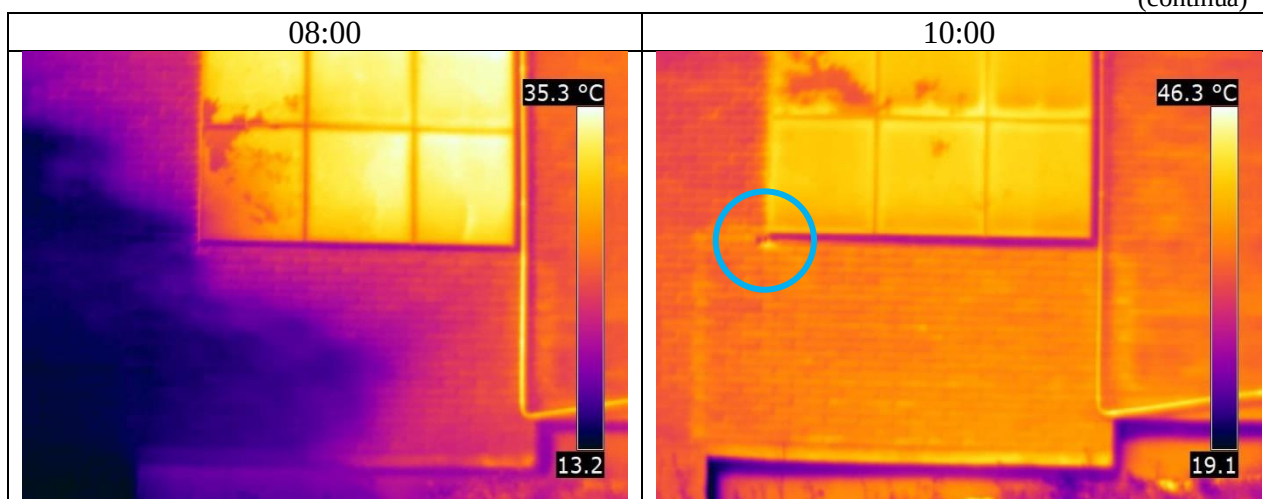


Fonte: Autora (2020)

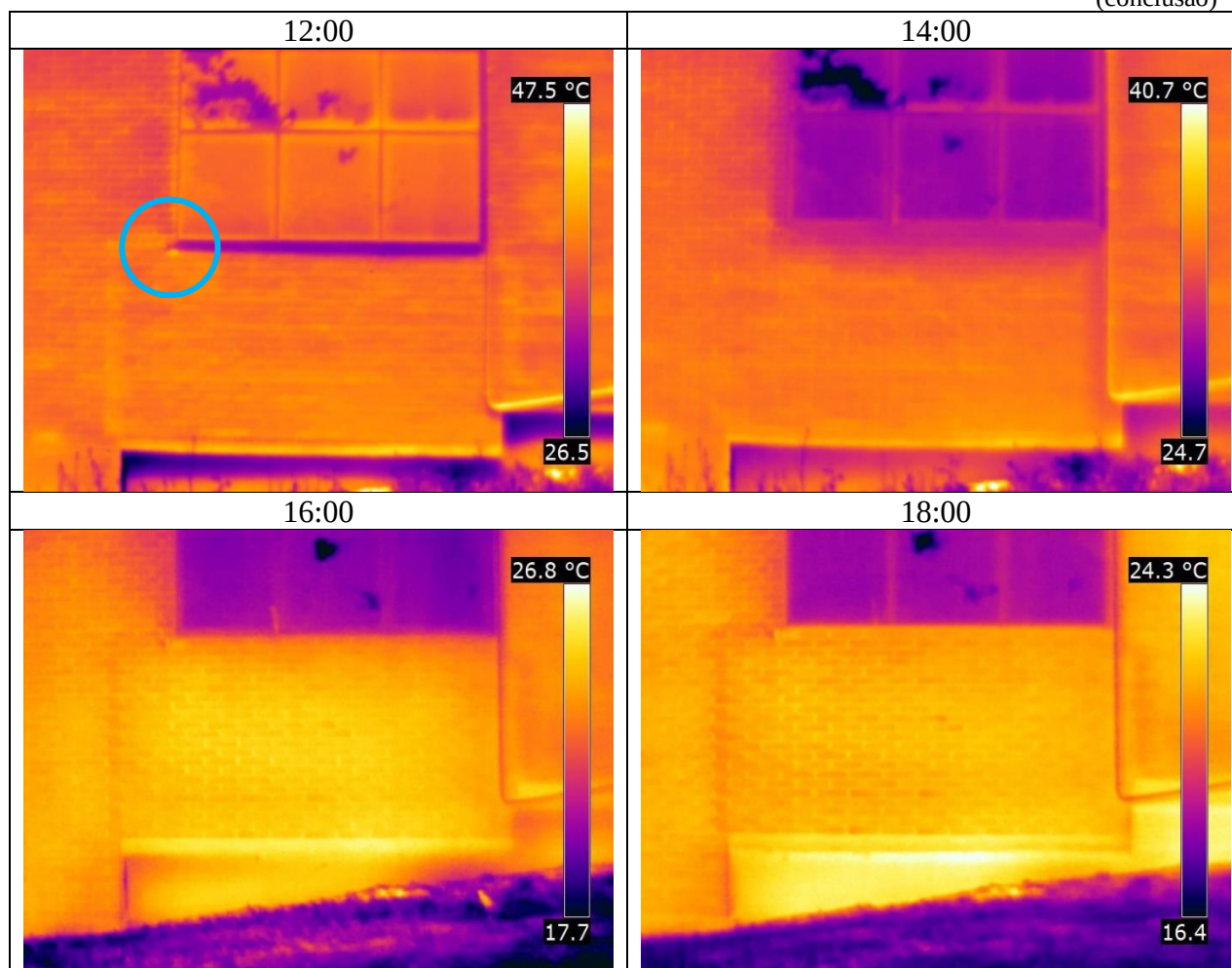
Esperava-se que a manifestação patológica referente ao tijolo danificado fosse capturada através dos termogramas, no entanto, ela é dificilmente percebida nos termogramas das 10 e 12 horas como mostra o Quadro 12, dessa forma, não pode ser avaliada durante o resfriamento para comparação com as demais.

Quadro 12 - Termogramas da área de fachada norte com tijolo danificado

(continua)



(conclusão)



Fonte: Autora (2020)

Entende-se que as manifestações patológicas encontradas nas fachadas de tijolos aparentes são superficiais e dessa forma não possuem elementos que podem alterar a sua temperatura, como no caso de umidade onde há presença de água. De acordo com Bauer e Pávon (2015) a evaporação da água causa uma redução da temperatura superficial e a termografia captura essa alteração, além disso, os autores mencionam que com a termografia são detectadas somente modificações das características térmicas, como destacamentos, fissuras e umidades, dessa forma, no caso da irregularidade no tijolo, por exemplo, não foi possível detectá-la pois o material aqueceu junto com a fachada e não apresentou diferença considerável de temperatura. Ainda, a não detecção de manifestações patológicas nessas fachadas também pode estar relacionada a cor, pois de acordo com Rebelo (2017) a cor pode camuflar defeitos dado que diferentes cores absorvem quantidades diferentes de radiação solar.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que diz respeito ao momento mais propício para obtenção dos termogramas, as inspeções realizadas no período da manhã, às 10 e às 12 horas, que corresponde a fase de aquecimento das fachadas, apresentaram maiores Delta-T's, ou seja, as anomalias capturadas durante esse período obtiveram maior contraste, logo, o período da manhã é o melhor horário para detecção das manifestações patológicas por meio da termografia para as condições climáticas de Caxias do Sul durante a primavera, estação em que foram realizados os ensaios.

Com relação aos termogramas, foi possível obtê-los para fachadas de diferentes revestimentos. Entretanto, as fachadas com revestimento de argamassa obtiveram resultados mais satisfatórios, tendo em vista que as manifestações patológicas observadas através de vistoria foram percebidas pela termografia. Conclui-se que não foi possível fazer uma comparação do efeito dessa técnica entre as diferentes superfícies, já que não foram obtidos valores de Delta-T para as fachadas com tijolos aparentes. Acredita-se que os defeitos presentes nas fachadas com tijolos aparentes eram superficiais em relação aos defeitos encontrados nas fachadas de revestimento de argamassa.

Se tratando de padrão de comportamento, ambas fissuras encontradas nas fachadas norte e sul do Bloco 46 obtiveram maiores Delta-T's no período da manhã. Os destacamentos de pintura, presentes nas fachadas sul do restaurante universitário e do Bloco 46 foram melhor detectados durante a tarde, tendo em vista que apresentaram maiores Delta-T's nesse período, no entanto a outra anomalia desse tipo, também localizada ao sul, apresentou maior Delta-T no período da manhã. Dessa forma, conclui-se que para determinar um critério de identificação de manifestações patológicas através da termografia é necessário incluir outros parâmetros que auxiliem na avaliação, já que as condições climáticas interferem nos resultados e variam para diferentes regiões e de estação para estação. Levando isso em consideração os estudos utilizando a termografia para avaliação de manifestações patológicas devem ser realizados em diferentes estações analisando como o Delta-T se comporta em diferentes períodos.

Por fim, a termografia apresenta-se como uma técnica eficiente na constatação de manifestações patológicas em fachadas, já que em sua maioria a presença de anomalias encontradas de forma visual foi corroborada na obtenção dos termogramas. A termografia também se mostrou eficiente quando se trata de defeitos presentes em áreas de fachadas de difícil acesso como as localizadas mais ao topo das edificações, através dos termogramas as anomalias puderam ser identificadas sem ser necessária a utilização de equipamentos como andaimes, por exemplo.

Diante disso, a aplicação da termografia como técnica de inspeção de manifestações patológicas em fachadas possui grande potencialidade, contudo é necessário que sejam realizados mais estudos em outros tipos de revestimentos, em diferentes estações do ano e orientações de fachadas, tendo em vista que os resultados obtidos nesse estudo são fruto de uma condição térmica e espacial específica e que podem mudar de acordo equipamento utilizado e com a variação das condicionantes. Além disso, a realização de mais estudos também auxiliará no estabelecimento de parâmetros que contribuirão para a execução das inspeções e análise dos dados de forma mais eficiente e prática.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, sugere-se que a velocidade dos ventos seja mensurada, tendo em vista que a presença de vento durante a obtenção dos termogramas interferiu na nitidez e pode ter tido influência nos valores encontrados para Delta-T. Propõem-se também que os ensaios sejam realizados nas demais estações, já que os resultados encontrados nesse estudo dizem respeito as condições climáticas incidentes durante os ensaios e os resultados podem mudar com a variação dessas condicionantes. E por fim, que seja realizado um maior estudo sobre a avaliação por meio da termografia das manifestações patológicas tratadas nesse trabalho, para que a definição do padrão de comportamento das anomalias seja mais conclusiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, Livia et al. Estudo das temperaturas superficiais das fachadas com emprego da simulação higratérmica. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 16. 2016, São Paulo. Anais. Porto Alegre: ENTAC, 2016.

AIDAR, Luiz Augusto Gimenez. Metodologia de inspeção e análise de termogramas para estudo de fachadas em revestimento cerâmico. 2019. 356 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

ALTOÉ, Leandra; OLIVEIRA FILHO, Delly. Termografia infravermelha aplicada à inspeção de edifícios. Acta Tecnológica, Maranhão, v. 7, n. 1, p.55-59, jan. 2012.

ANTUNES, Giselle Reis. Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília: Sistematização de incidência de casos. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

ARANHA, Paulo Márcio da Silva. Contribuição ao estudo das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na Região Amazônica. 1994. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575: Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro, p. 14. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, p. 8. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13816: Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia. Rio de Janeiro, p. 8. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, p. 60. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-2: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, p. 60. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16292: Ensaios não destrutivos – Termografia – Medição e compensação da temperatura aparente refletida utilizando câmeras termográficas. Rio de Janeiro, p. 5. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16485: Ensaios não destrutivos - Termografia - Medição e compensação da emissividade utilizando câmeras termográficas ou radiômetros. Rio de Janeiro, p. 4. 2016.

BARREIRA, E.; ALMEIDA, R.M.S.F.; DELGADO, J.M.P.Q.. Infrared thermography for assessing moisture related phenomena in building components. Construction and Building

Materials, [s.l.], v. 110, p.251-269, maio 2016. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.026>.

BARREIRA, Eva Sofia Botelho Machado. Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrotérmico dos edifícios. 2004. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Construção de Edifícios, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2004.

BAUER, E.; CASTRO, E. K.; SILVA, M. N. B.. Estimativa da degradação de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso de edifícios de Brasília. Cerâmica, [s.l.], v. 61, n. 358, p. 151-159, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132015613581786>.

BAUER, Elton et al. Critérios para aplicação da termografia de infravermelho passiva como técnica auxiliar ao diagnóstico de patologias em fachadas de edifícios. In: Encontro Luso-Brasileiro de Degradação em Estruturas de Concreto Armado, 1., 2014, Salvador. Salvador: Rev Politec (instituto Politec Bahia), 2014. v. 26, p. 619 - 630.

BAUER, Elton et al. Analysis of building facade defects using infrared thermography: laboratory studies. Journal Of Building Engineering, [S.L.], v. 6, p. 93-104, jun. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobbe.2016.02.012>.

BAUER, E.; PAVÓN, E.; OLIVEIRA E.. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES CBPAT2016, 2016, Belém. Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções CBPAT2016. Belém: Alconpat Brasil, 2016. p. 1433-1441.

BAUER, Elton; PAVÓN, Elier. Análise da fissuração de revestimento em argamassa com o emprego da termografia de infravermelho. In: XII Simpósio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas, 12., 2017, Porto Alegre. Porto Alegre: Sbita, 2017. p. 1-9.

BAUER, Elton; PAVÓN, Elier. Termografia de infravermelho na identificação e avaliação de manifestações patológicas em edifícios. Concreto e Construções, São Paulo, v. 79, n. 43, p.93-98, set. 2015. Trimestral.

BAUER, Elton; PAVÓN, Elier; HILDENBERG, Antônio. Erros na utilização de parâmetros termográficos da argamassa e da cerâmica na detecção de anomalias em revestimentos. In: Simpósio Brasileiro De Tecnologia das Argamassas, 11, 2015, Porto Alegre. Porto Alegre: SBTA, 2015.

BAUER, Ricardo José Falcão. Falhas em revestimentos. In: BAUER, L. A. Falcão (Org.). Materiais de construção, 2. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2008. p. 903-945.
 BOTO, Maria Gaspar. Plano de manutenção de fachadas em edifícios na zona costeira. 2014. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2014.

BRIQUE, Samara Katyana. Emprego da termografia infravermelha no diagnóstico de falhas de aderência de peças cerâmicas utilizadas em fachadas de edifícios. 2016. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

CARRARO, Carolina Lemos; DIAS, João Fernando. Diretrizes para prevenção de manifestações patológicas em Habitações de Interesse Social. *Ambiente Construído*, [s.l.], v. 14, n. 2, p.125-139, jun. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212014000200009>.

CHAVES, Ana Margarida Vaz Alves. Patologia e Reabilitação de Revestimentos de Fachadas. 2009. 176 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil Área de Especialização Materiais, Reabilitação e Sustentabilidade da Construção, Escola de Engenharia, Universidade de Minho, Braga, 2009.

CONSOLI, Osmar João. Análise da durabilidade dos componentes das fachadas de edifícios, sob a ótica do projeto arquitetônico. 2006. 208 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

CORTIZO, Eduardo Cabaleiro. Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnóstico de anomalias em edificações: Ênfase em Edificações do Patrimônio Histórico. 2007. 178 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

CREMONINI, Ruy Alberto. Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares na região de Porto Alegre: Recomendações para projeto, execução e manutenção. 1988. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho. Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul. 1988. 238 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

EDIS, Ecem; FLORES-COLEN, Inês; BRITO, Jorge de. Passive thermographic detection of moisture problems in façades with adhered ceramic cladding. *Construction And Building Materials*, [S.L.], v. 51, p. 187-197, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.085>.

FERREIRA, Jackeline Batista; LOBÃO, Victor Wandir Neves. Manifestações patológicas na construção civil. *Caderno de Graduação-ciências Exatas e Tecnológicas-unit*, Aracaju, v. 5, n. 1, p.71-80, out. 2018.

FIELDEN, Bernard M. *Conservation of historic buildings*. 3. ed. Oxford: Routledge, 2007. 404 p.

FIORITO, Antônio J.S.I. *Manual de argamassas e revestimentos: Estudos e procedimentos de execução*. 2. ed. São Paulo: Pini, 2009. 232 p.

FLORES, Inês; BRITO, Jorge de. Estratégias de Manutenção em Fachadas de Edifícios. *Revista Engenharia Civil*, Minho, n. 13, p.47-58, jan. 2002.

FLIR SYSTEMS. FLIR B360: B-Series InfraRed Camera. 2010. Especificações técnicas da câmera termográfica FLIR B360. Disponível em: <<https://www.instrumart.com/assets/B360-datasheet.pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2019.

FLIR SYSTEMS. Como Funciona uma Câmera de IV? 2019. Disponível em: <<https://prod.flir.com.br/discover/how-does-an-ir-camera-work/>>. Acesso em: 30 out. 2019.

FREITAS, Juliana Gomes de; CARASEK, Helena; CASCUDO, Oswaldo. Utilização de termografia infravermelha para avaliação de fissuras em fachadas com revestimento de argamassa e pintura. *Ambiente Construído*, [s.l.], v. 14, n. 1, p.57-73, mar. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212014000100006>.

FREITAS, Juliana Gomes de. Influência das condições climáticas na durabilidade dos revestimentos de fachada: Estudo de caso na cidade de Goiânia - GO. 2012. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

GAKLIK, Émille Schmidt. Jardim Histórico do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo: Mapeamento de manifestações patológicas e métodos de limpeza. 2012. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

GARCIA, João Ricardo Rodrigues. Potencialidades da termografia para o diagnóstico de patologias em edifícios. 2014. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2014.

GEYER, Rejane Maria Tuekno. Influência do choque térmico na aderência de azulejos ao substrato. 1994. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

HELENE, Paulo. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992. 213 p.

ICOMOS - conselho internacional de monumentos e sítios (França). Recomendações para a análise, conservação e restauro estrutural do patrimônio arquitetônico: Linhas de orientação. Paris: Icomos, 2003. 23 p. Tradução por António de Borja Araújo, Engenheiro Civil IST dezembro de 2006.

ISRAEL, Marcos Coimbra. Ensaios não destrutivos aplicados a avaliação de revestimentos de argamassa. 2016. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

JUST, Ângelo; FRANCO, Luiz Sérgio. Descolamentos dos revestimentos cerâmicos de fachada na cidade do Recife. São Paulo: Epusp, 2001. 25 p.

LA FÉ, Elier Pavón de. Critérios e padrões de comportamento para avaliação de descolamentos cerâmicos com termografia de infravermelho. 2017. 250 f. Tese (Doutorado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

LERSCH, Inês Martina. Contribuição para a Identificação dos Principais Fatores e Mecanismos de Degradação em Edificações do Patrimônio Cultural de Porto Alegre. 2003. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

LIMA, Amanda Oliveira de; BRITO, Valkisfran Lira de. Plano de manutenção de estruturas de concreto armado sujeitas a agressividade marinha: Estudo de caso no porto de Cabedelo-PB. *Interscientia*, João Pessoa, v. 4, n. 2, p.7-18, dez. 2016.

LUZ, Marcos de Almeida. Manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachada em três estudos de caso na cidade de Balneário Camboriú. 2004. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Área de Concentração: Tecnologia do Ambiente Construído - Sistemas Construtivos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MARTINS, Juliana Furtado Arrobas; FIORITI, Cesar Fabiano. Investigação de manifestações patológicas em sistemas estruturais de concreto armado: estudo de caso em edificação pública. *Revista Brasileira de Iniciação Científica*, Itapetininga, v. 3, n. 4, p.90-102, 03 maio 2016.

MELO JÚNIOR, Carlos Mariano; CARASEK, Helena. Índices de chuva dirigida direcional e análise do nível de umedecimento em fachadas de edifício multipavimentos em Goiânia, GO. *Ambiente Construído*, [s.l.], v. 11, n. 3, p.23-37, set. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212011000300003>.

OLIVEIRA, Luciana Alves de; MELHADO, Silvio Burrattino. Projeto de fachadas leves: especificações de desempenho. Pós. *Revista do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Fauusp*, [s.l.], n. 25, p.271-290, 1 jun. 2009. Universidade de São Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v0i25p271-290>.

PEÑA, Monserrat Dueñas; FRANCO, Luiz Sérgio. Método para elaboração de projeto para produção de vedações verticais em alvenaria. São Paulo: Epusp, 2004. 19 p.

QUERUZ, Francisco. Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edifícios da Vila Belga. 2007. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

REBELO, Daniela Fernanda Fontenete. Avaliação quantitativa dos resultados da termografia de infravermelhos aplicada ao estudo da humidade. 2017. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2017.

RESENDE, M. M.; BARROS, M. M. S.; MEDEIROS, J. S. A influência da manutenção na durabilidade dos revestimentos de fachada de edifícios. *Workshop sobre durabilidade das construções*, São José dos Campos, Brasil, 2001.

RIBEIRO, Fabiana Andrade. Especificações de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios. 2006. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RIBEIRO, Fabiana Andrade; BARROS, Mercía Maria Semerisato Bottura de. Juntas de Movimentação em Revestimentos Cerâmicos de Fachadas. São Paulo: Pini, 2010. 148 p. 148 f.

SACHT, Helenice Maria. Módulos de Fachada para Reabilitação Eco-Eficiente de Edifícios. 2012. 270 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Minho, 2012.

SANTOS, Mayara Jordana Barros Oliveira. Dissertação de mestrado em estruturas e construção civil Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. 2017. 227 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SILVA, Amanda Fernandes Pereira da; BARROS, Hildegard Elias Barbosa; FERREIRA, Diego Silva (Org.). Estudo de caso de patologias observadas em revestimento externo de fachada com manifestações em pintura de um edifício residencial. Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 4, [s.l.], p.26-38, 20 ago. 2019. Atena Editora.
<http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.4331920083>.

SILVA, Angelo Just da Costa e. Método para gestão das atividades de manutenção de revestimentos de fachada. 2008. 239 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SILVA, Maria de Nazaré Batista da. Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada – aplicação ao caso de Brasília/DF. 2014. 217 f. Tese (Doutorado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SOARES, Rafaela da Conceição et al. Verificação de manifestações patológicas em condomínios residenciais do programa “minha casa, minha vida” ocasionados por falta de manutenção preventiva da baixada cuiabana. In: Congresso Brasileiro de Patologia das Construções, 1., 2014, Foz do Iguaçu. Foz do Iguaçu: Alconpat Brasil, 2014. p. 1 - 9.

SOUSA, Vitor; PEREIRA, Fernando Dias; BRITO, Jorge de. Rebocos Tradicionais: Principais Causas de Degradação. Engenharia Civil, Guimarães, n. 23, p.5-18, 2005.

SOUZA, Rui Barbosa de et al. Influência das variáveis atmosféricas na degradação dos materiais da construção civil. Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, [s.l.], v. 13, n. 1, p.1-19, 31 ago. 2016. Universidade Federal de Goiás.
<http://dx.doi.org/10.5216/reec.v13i1.41448>.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1998. 257 p.

TERRA, Ricardo Curri. Levantamento de manifestações patológicas em revestimentos de fachadas das edificações da cidade de pelotas: uma análise para o bairro centro. 2001. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

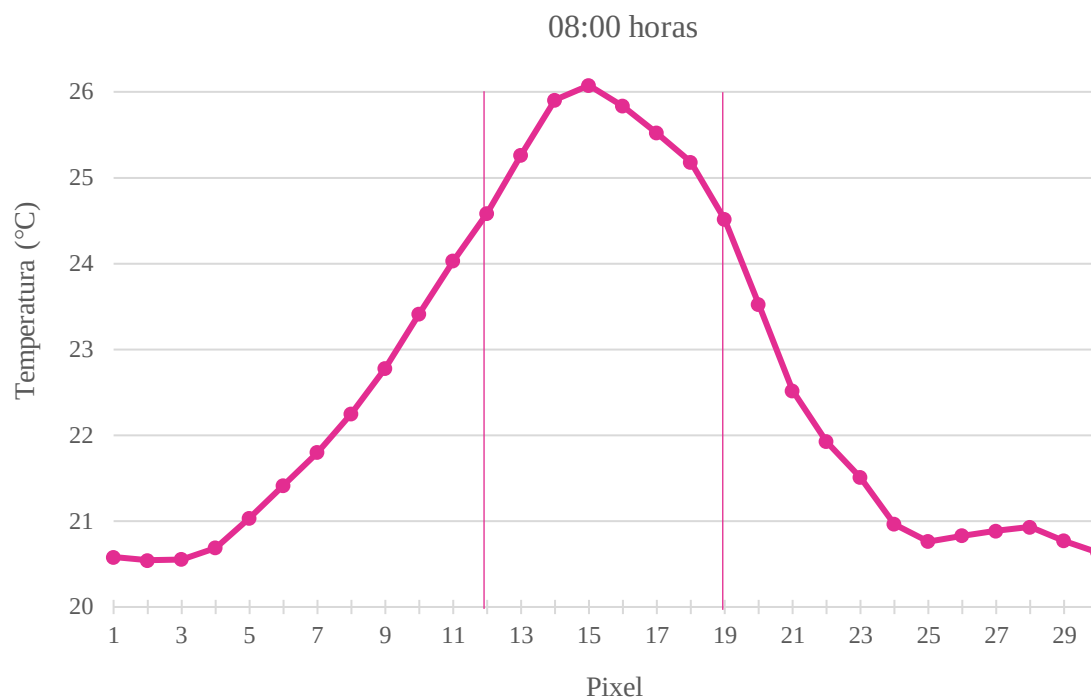
TUTIKIAN, Bernardo; PACHECO, Marcelo. Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil. Mérida: Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de La Construcción, 2013. 17 f.

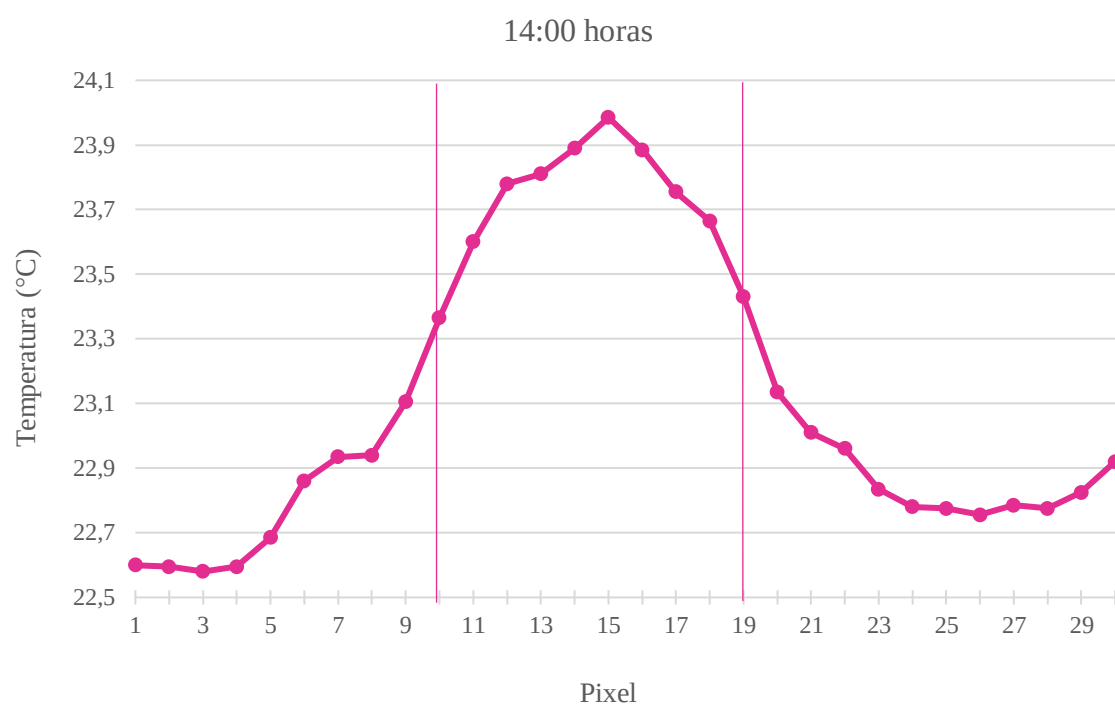
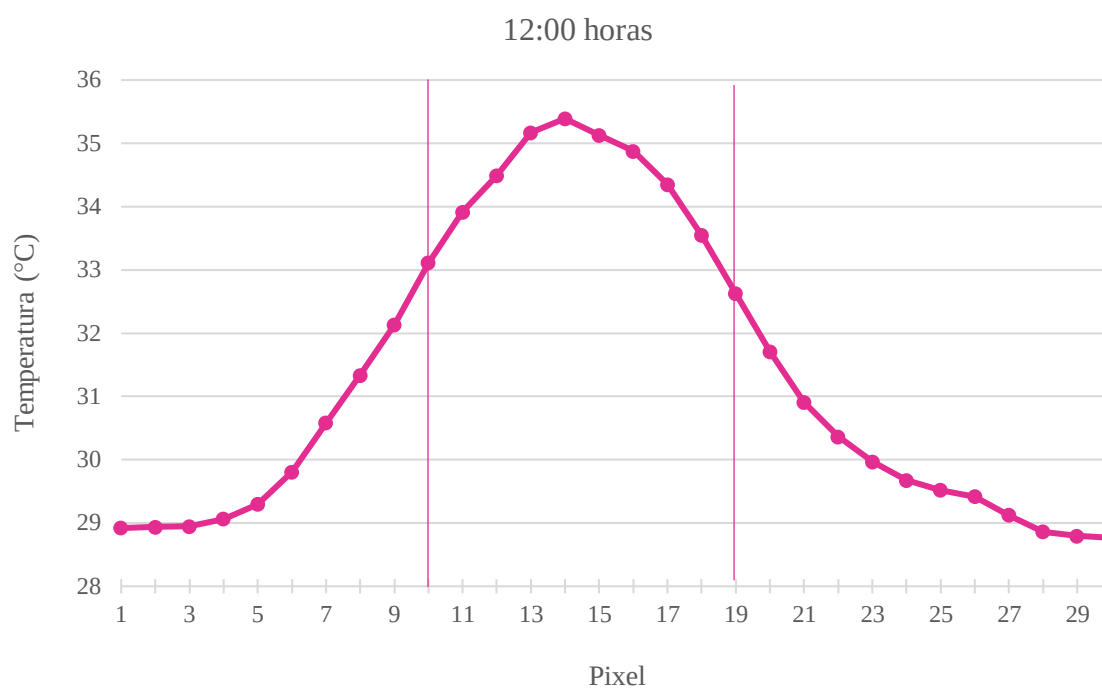
VALENTE, Ana Paula Veloso; SILVA, Adriano de Paula e; CALIXTO, José Márcio Fonseca. Análise dos processos de recuperação de patologias: trincas e impermeabilização. Construindo, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p.7-11, jul. 2009. Semestral.

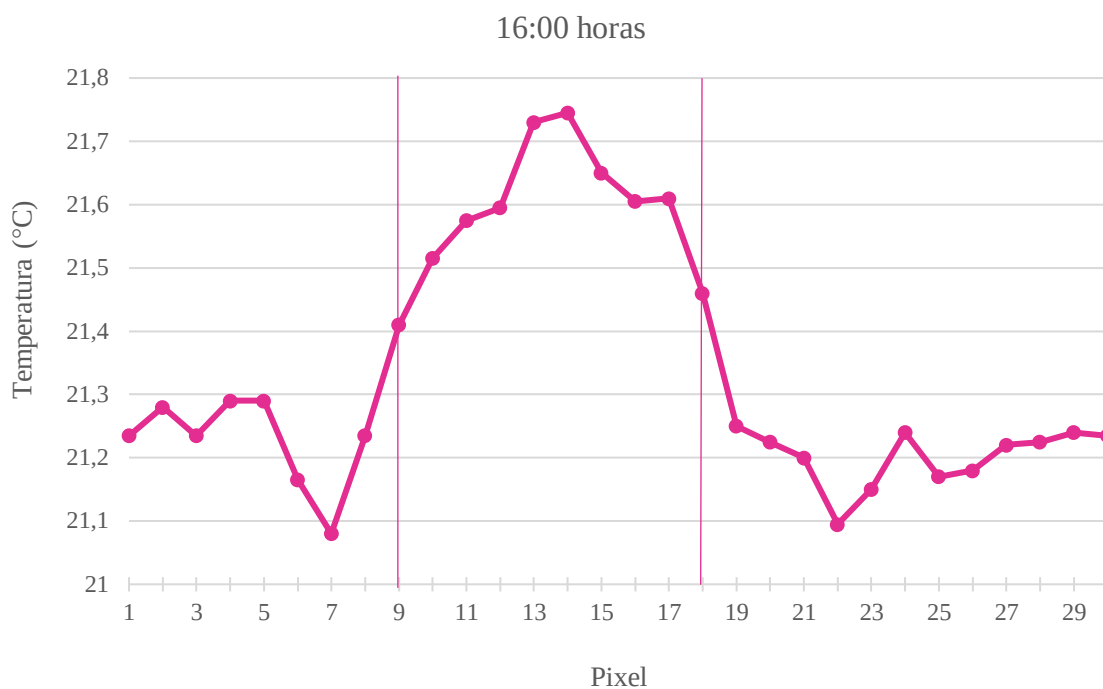
VEIGA, M. Rosário; FARIA, Paulina. Revestimentos de ligantes minerais e mistos com base em cimento, cal e resina sintética. In: LNEC (Ed.). Curso de Especialização sobre Revestimentos de Paredes. 1º Módulo. Lneec: Lneec, 1990. p. 40-173.

VELOSO, Sâmya Gomes. Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da Norma EN 1504. 2018. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2018.

APÊNDICE A – GRÁFICOS PARA OBTENÇÃO DO DELTA-T DA ÁREA RUN - ARGA1

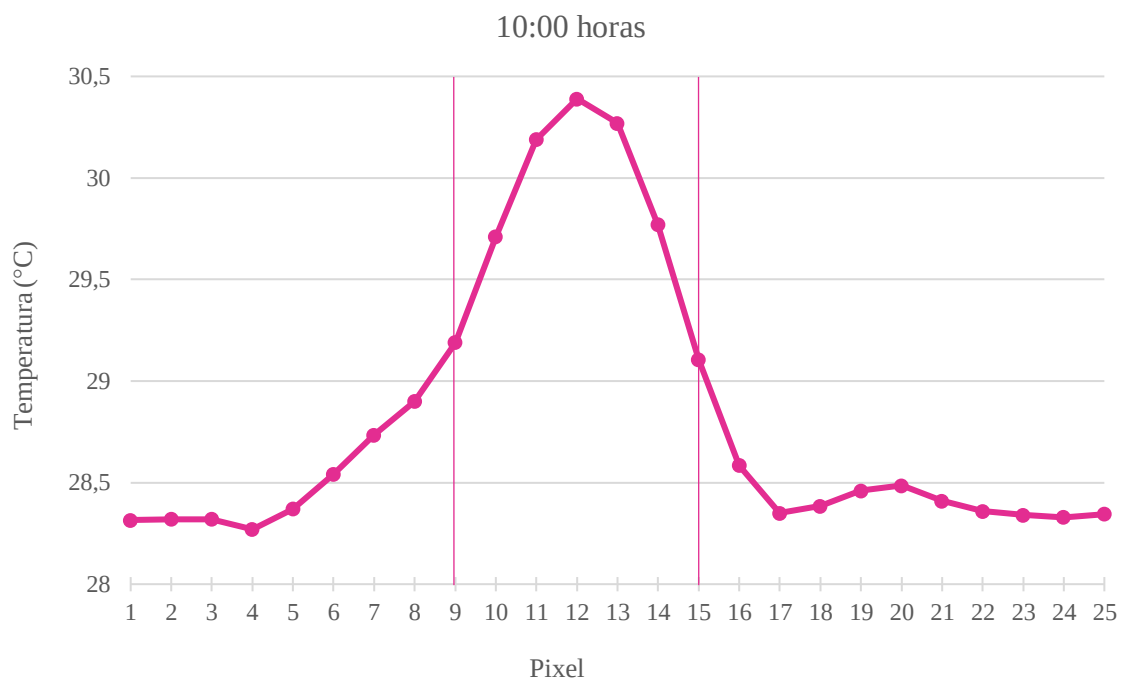
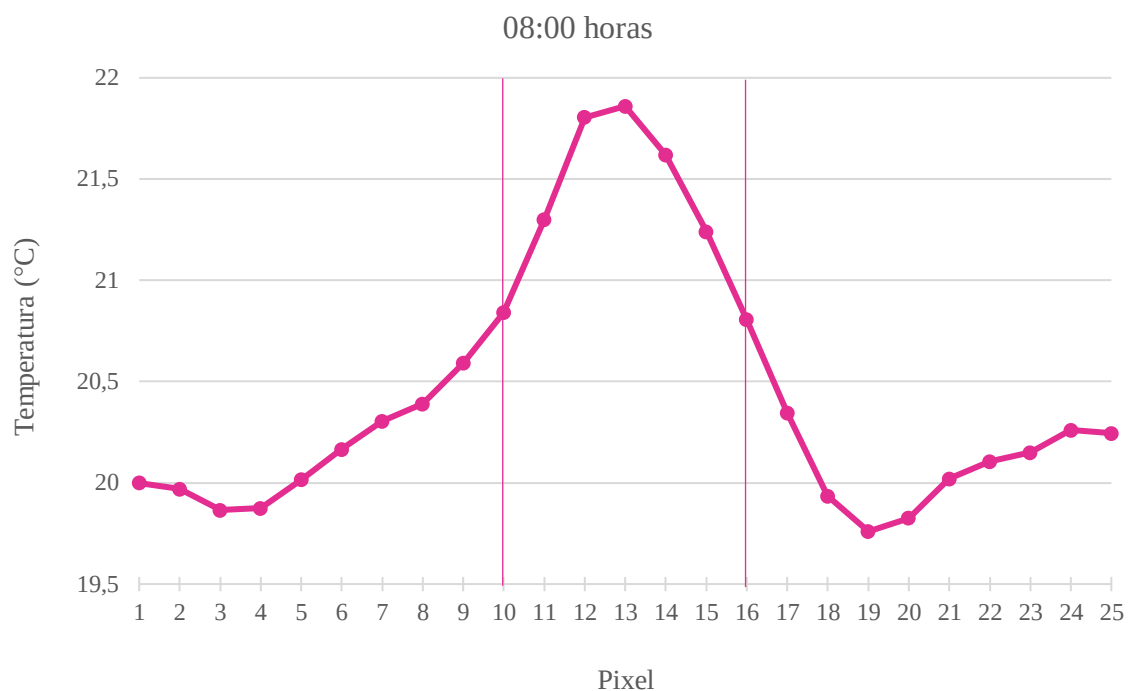


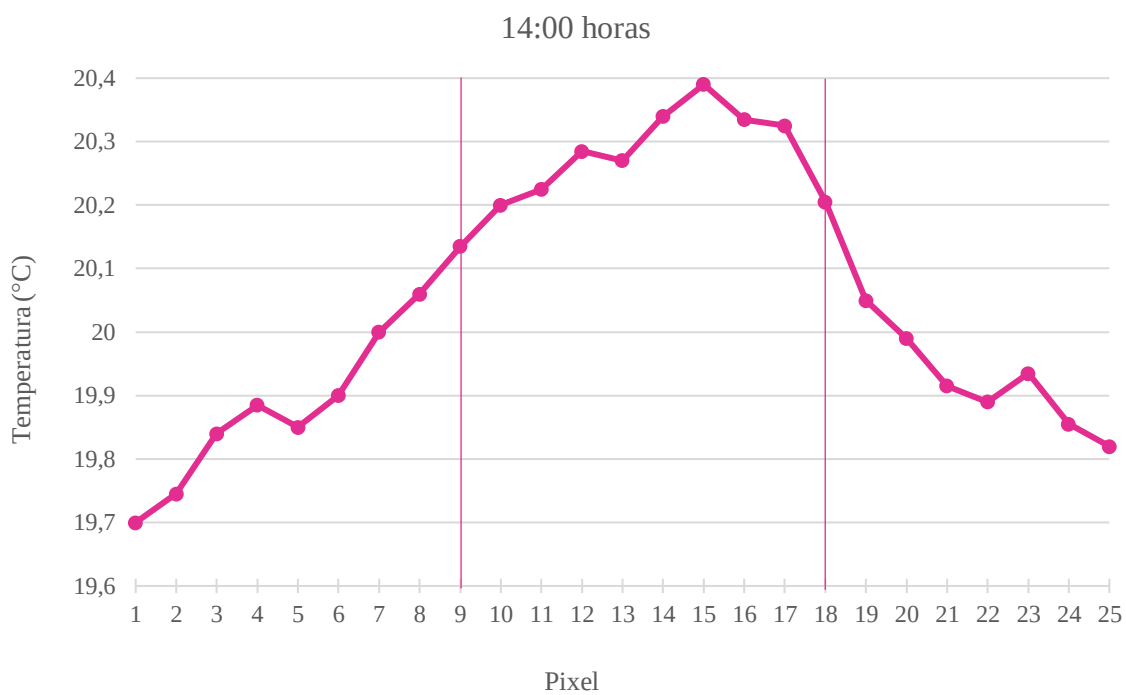
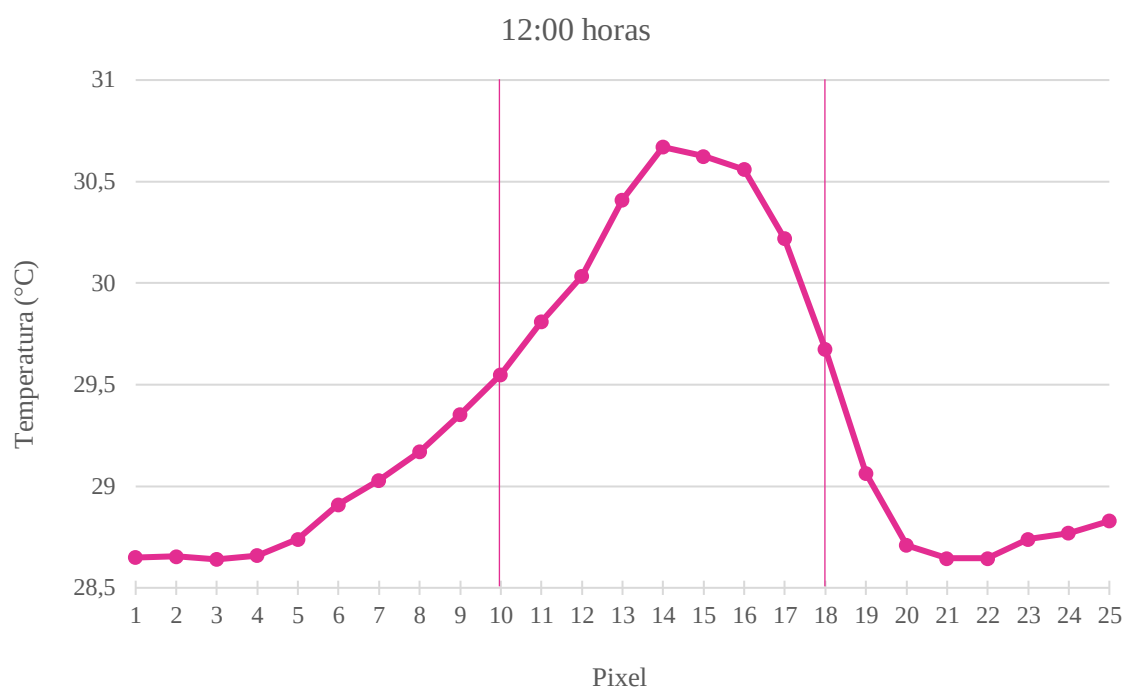


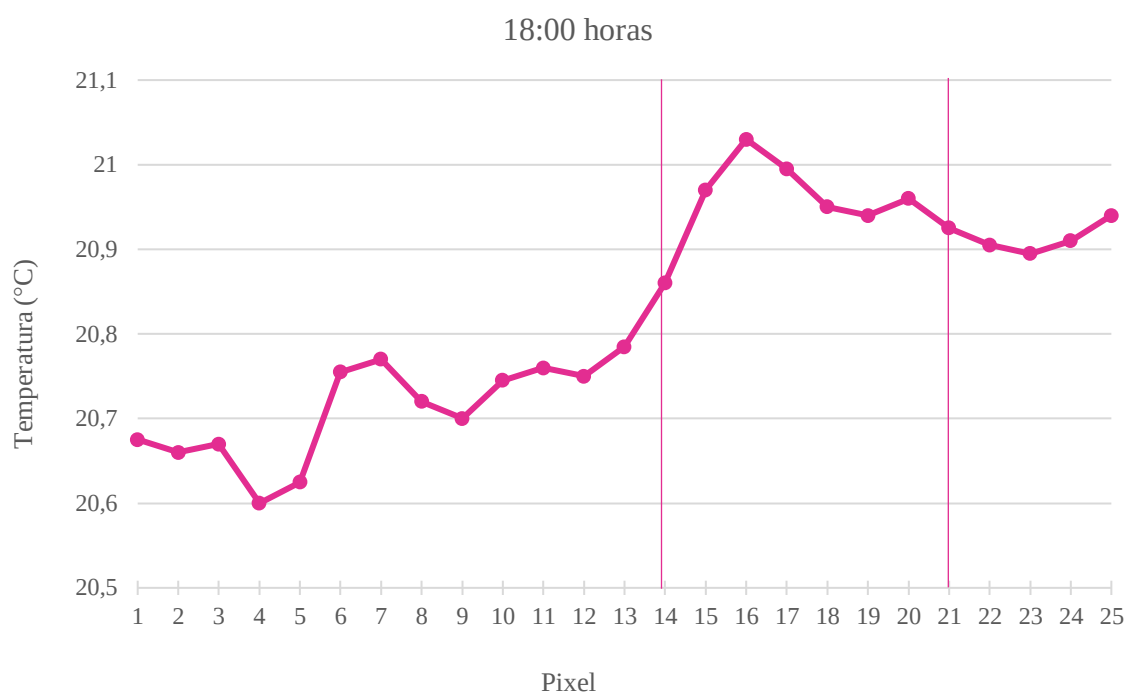
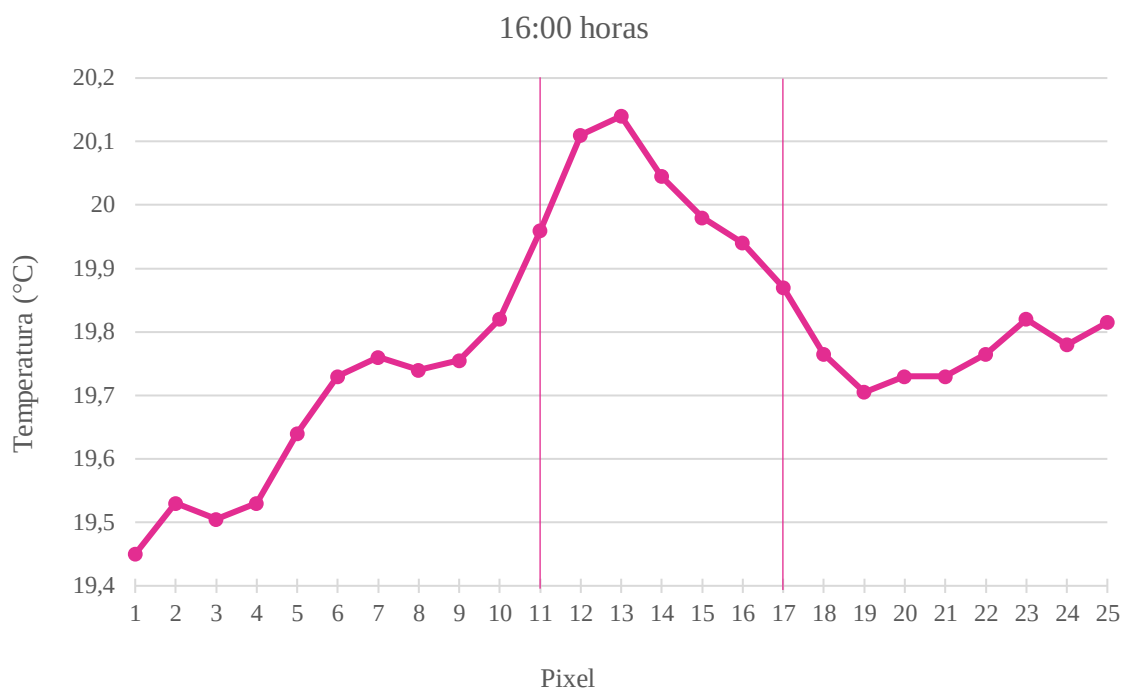


Horário	Temperatura máxima dentro da anomalia (°C)	Temperatura antes da anomalia (°C)	Temperatura depois da anomalia (°C)	Delta-T de entrada (°C)	Delta-T de saída (°C)	Delta-T (°C)
08:00	26,12	24,33	24,96	1,79	1,16	1,79
10:00	35,08	32,94	33,07	2,14	2,01	2,14
12:00	35,58	32,6	33,09	2,98	2,49	2,98
14:00	24,01	23,24	23,63	0,77	0,38	0,77
16:00	21,79	21,42	21,61	0,37	0,18	0,37
18:00	21,21	20,68	21	0,53	0,21	0,53

APÊNDICE B – GRÁFICOS PARA OBTENÇÃO DO DELTA-T DA ÁREA RUN - ARGC2

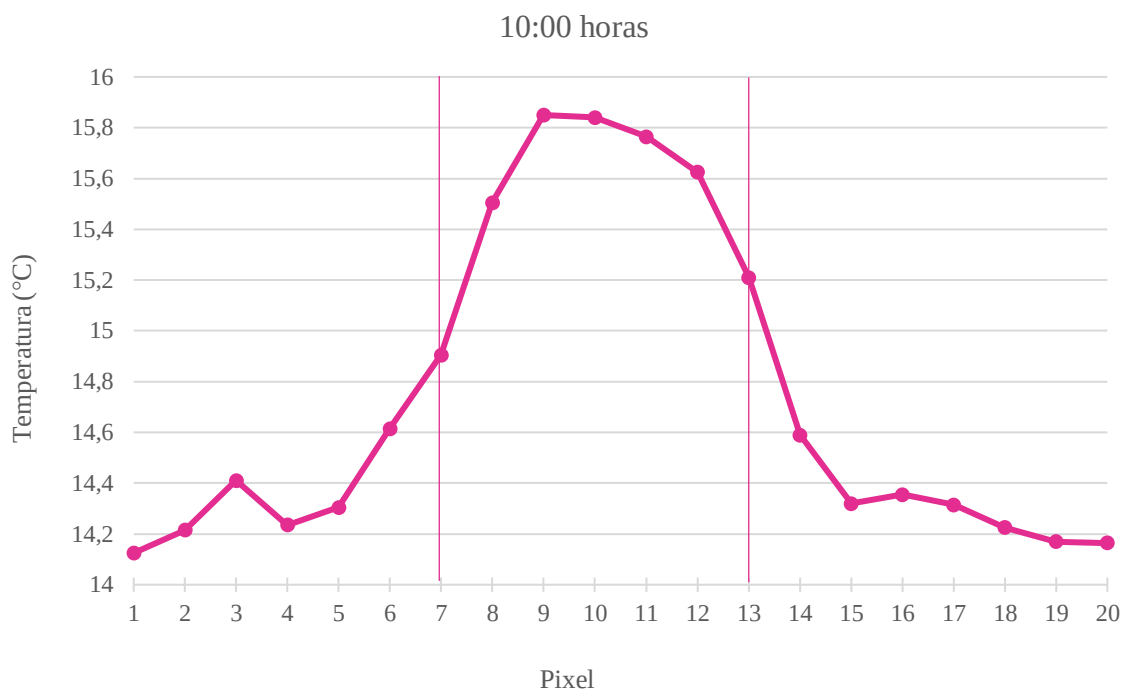
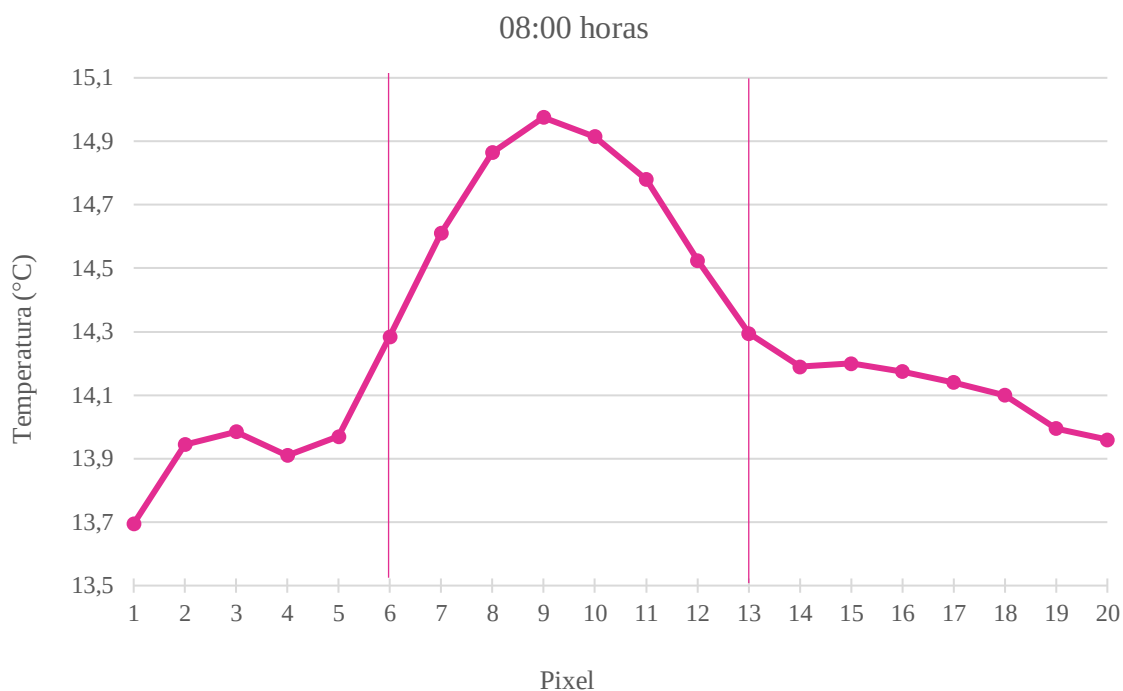


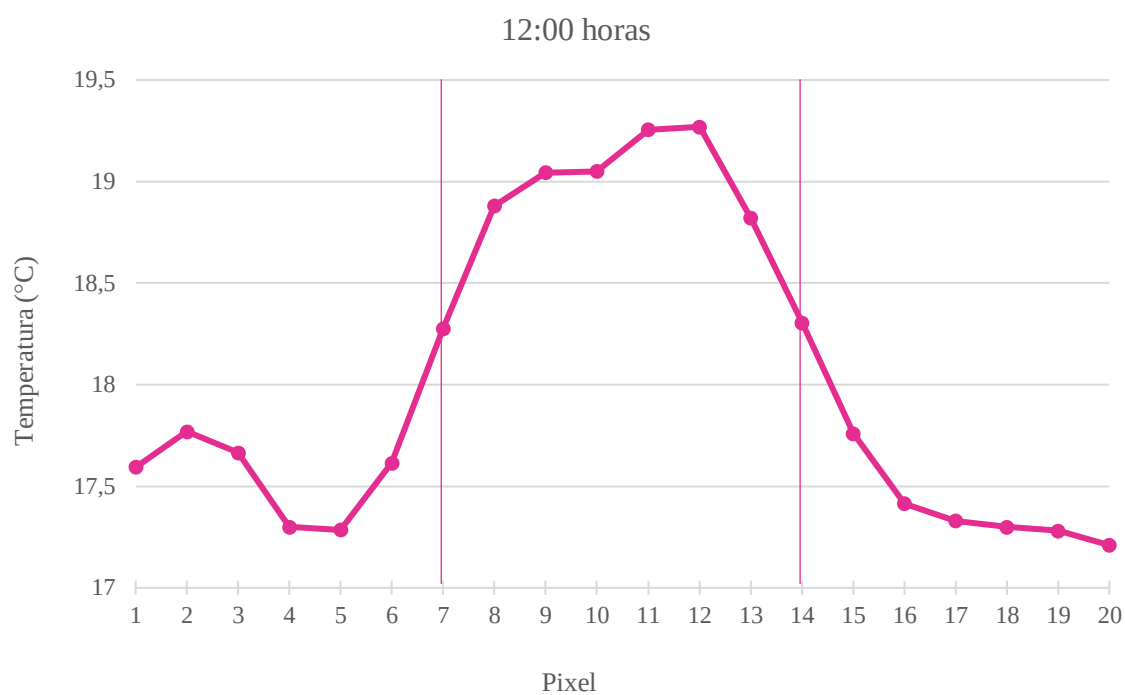


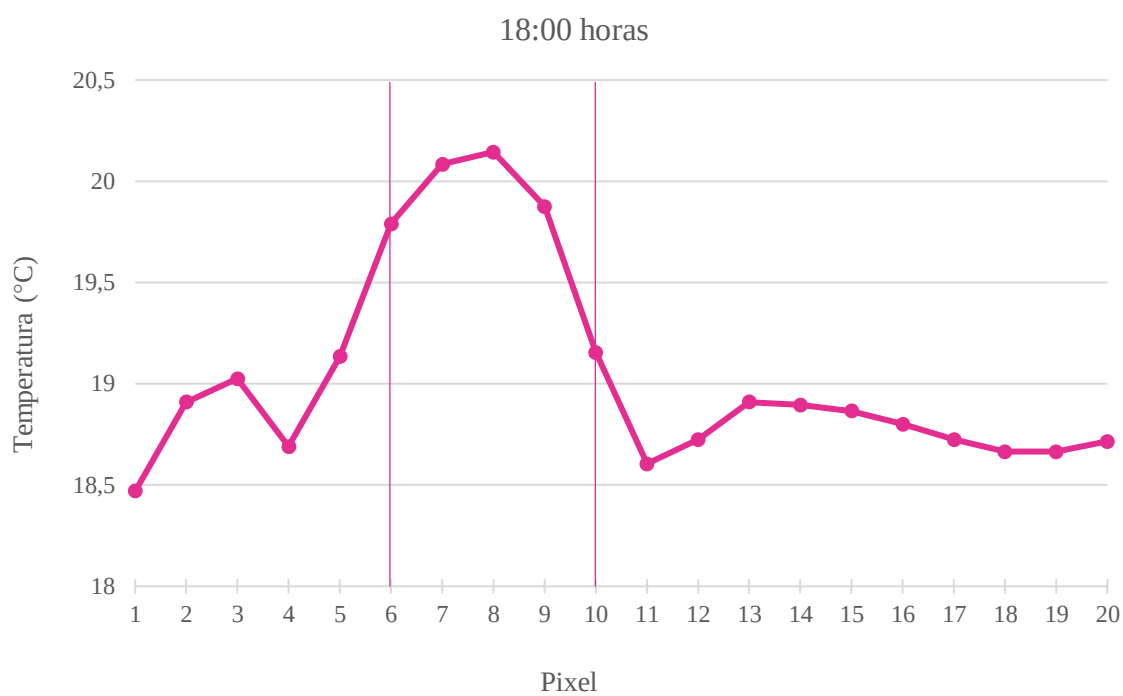


Horário	Temperatura máxima dentro da anomalia (°C)	Temperatura antes da anomalia (°C)	Temperatura depois da anomalia (°C)	Delta-T de entrada (°C)	Delta-T de saída (°C)	Delta-T (°C)
08:00	1,21	12	91	5,13	0,79	1,21
10:00	1,44	17	67	6,00	0,83	1,44
12:00	1,09	19	55	16,97	0,73	1,09
14:00	0,39	21	50	32,97	0,83	0,39
16:00	0,3	21	51	29,03	0,84	0,3
18:00	0,22	18	62	18,70	0,84	0,22

APÊNDICE C – GRÁFICOS PARA OBTENÇÃO DO DELTA-T DA ÁREA RUS - ARGB2

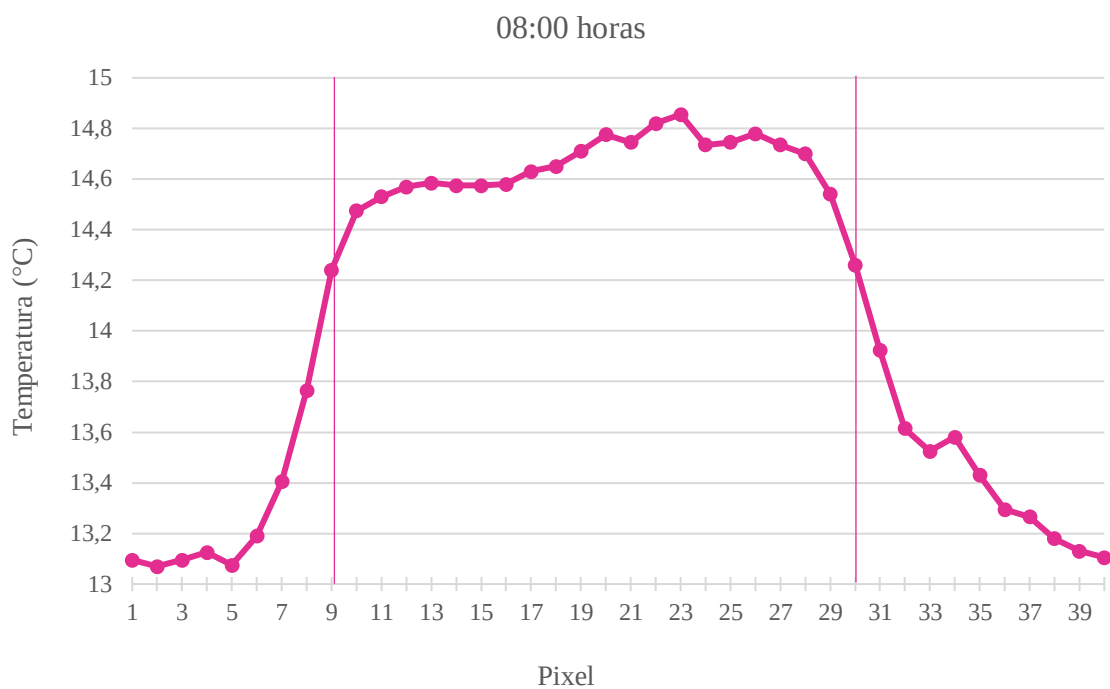


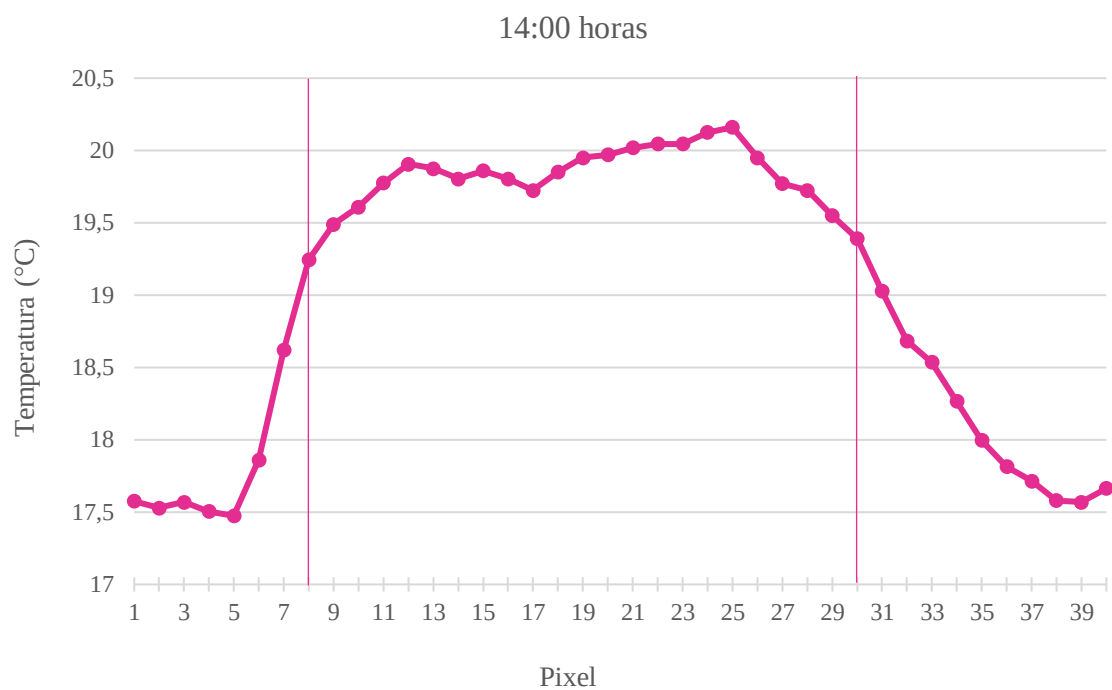
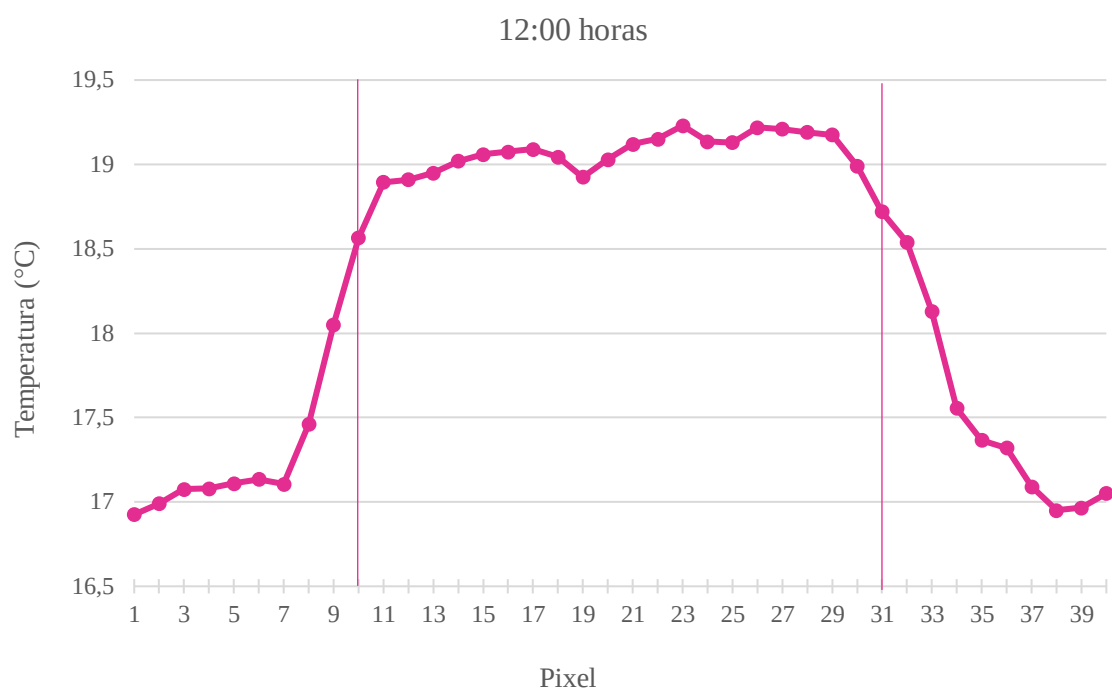


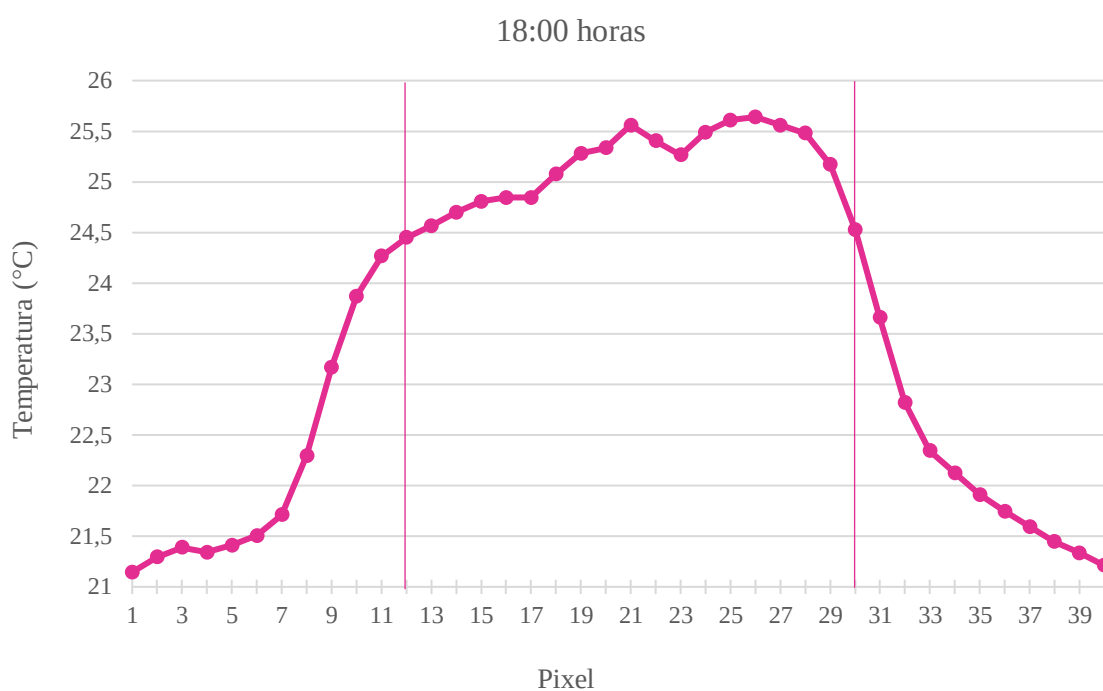
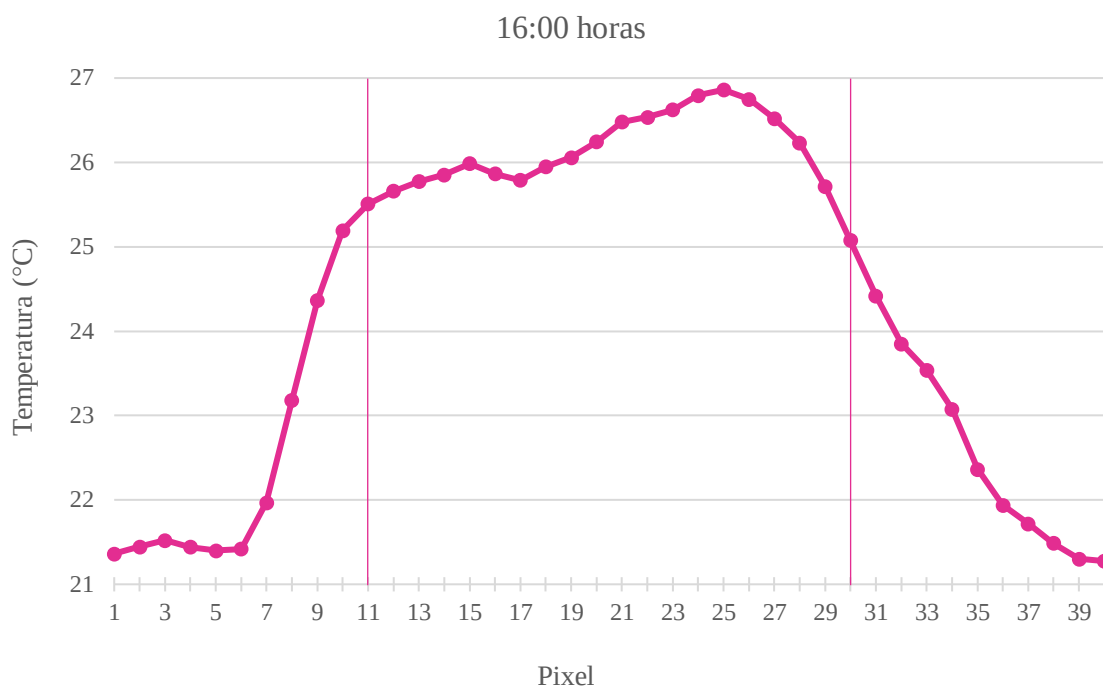


Horário	Temperatura máxima dentro da anomalia (°C)	Temperatura antes da anomalia (°C)	Temperatura depois da anomalia (°C)	Delta-T de entrada (°C)	Delta-T de saída (°C)	Delta-T (°C)
08:00	14,99	14,09	14,36	0,9	0,63	0,9
10:00	15,85	14,65	15,55	1,2	0,3	1,2
12:00	19,41	17,88	18,51	1,53	0,9	1,53
14:00	20,41	19,28	19,54	1,13	0,87	1,13
16:00	26,8	25,56	25,45	1,24	1,35	1,35
18:00	20,18	19,59	19,64	0,59	0,54	0,59

APÊNDICE D – GRÁFICOS PARA OBTENÇÃO DO DELTA-T DA ÁREA RUS - ARGC2

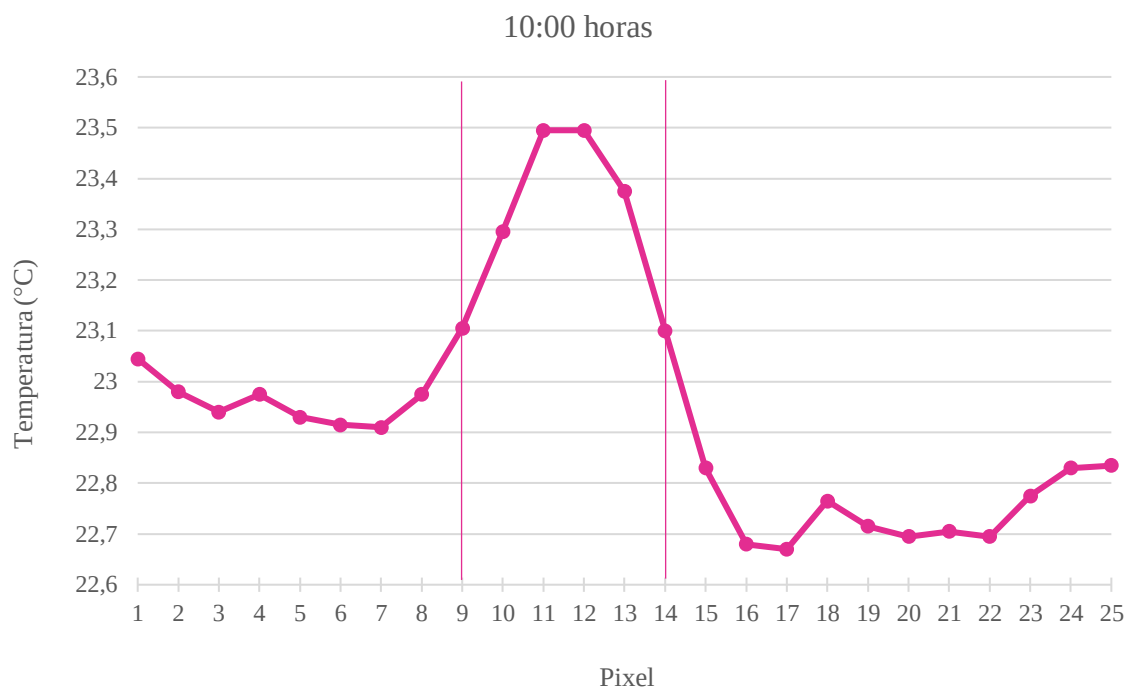
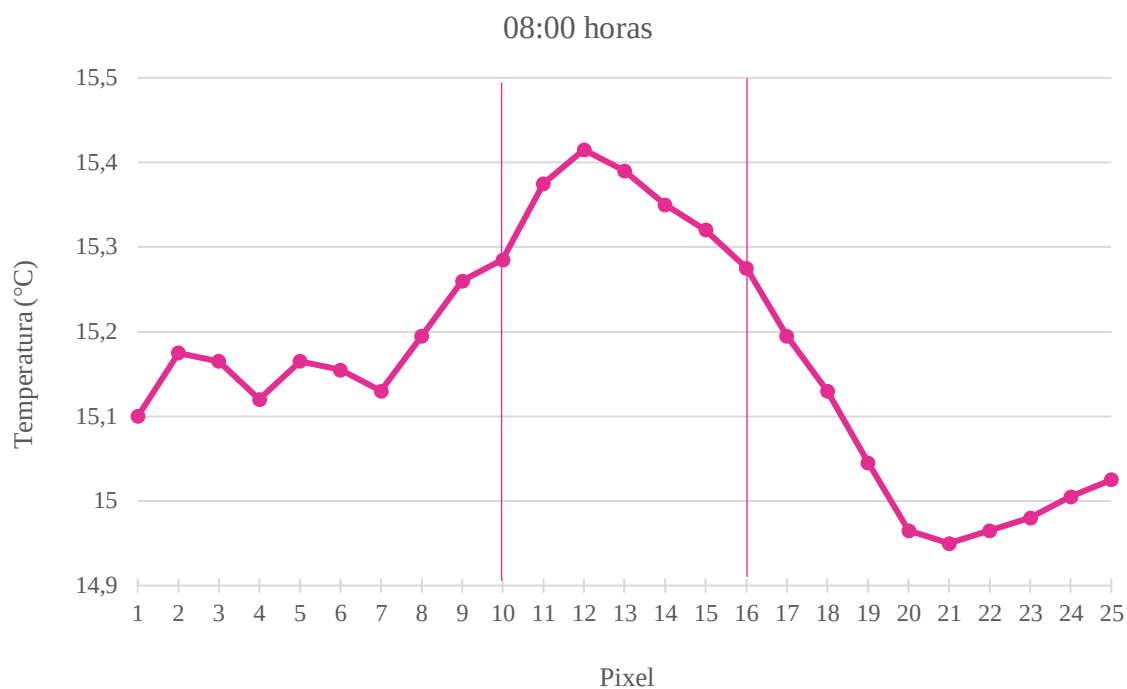


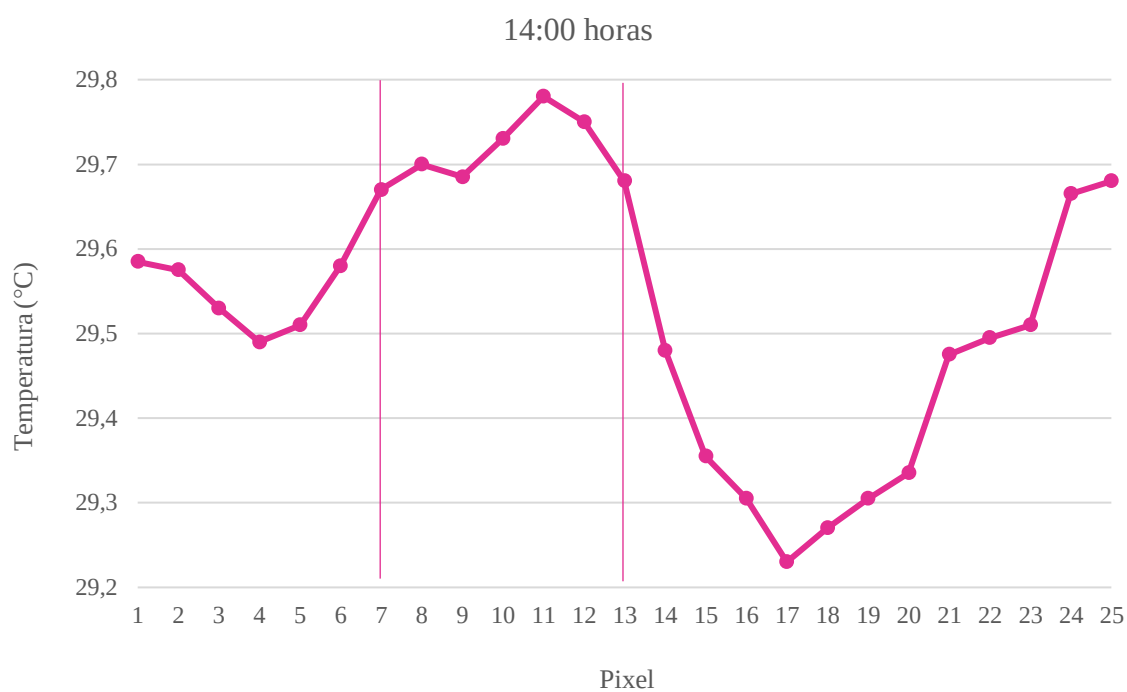
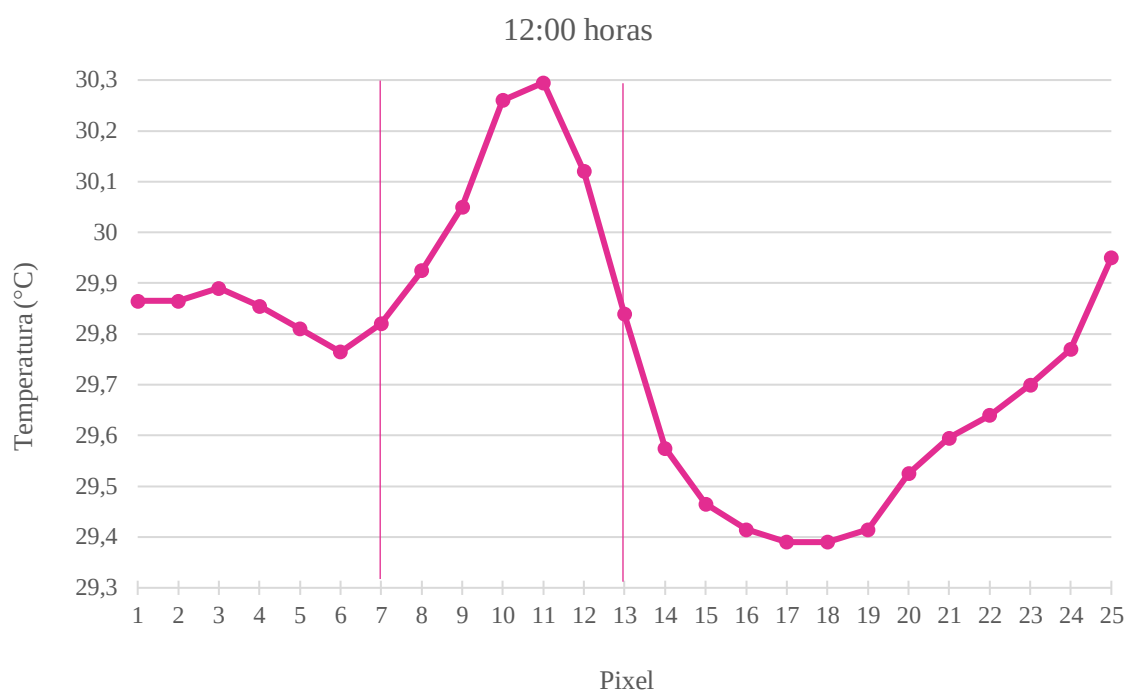


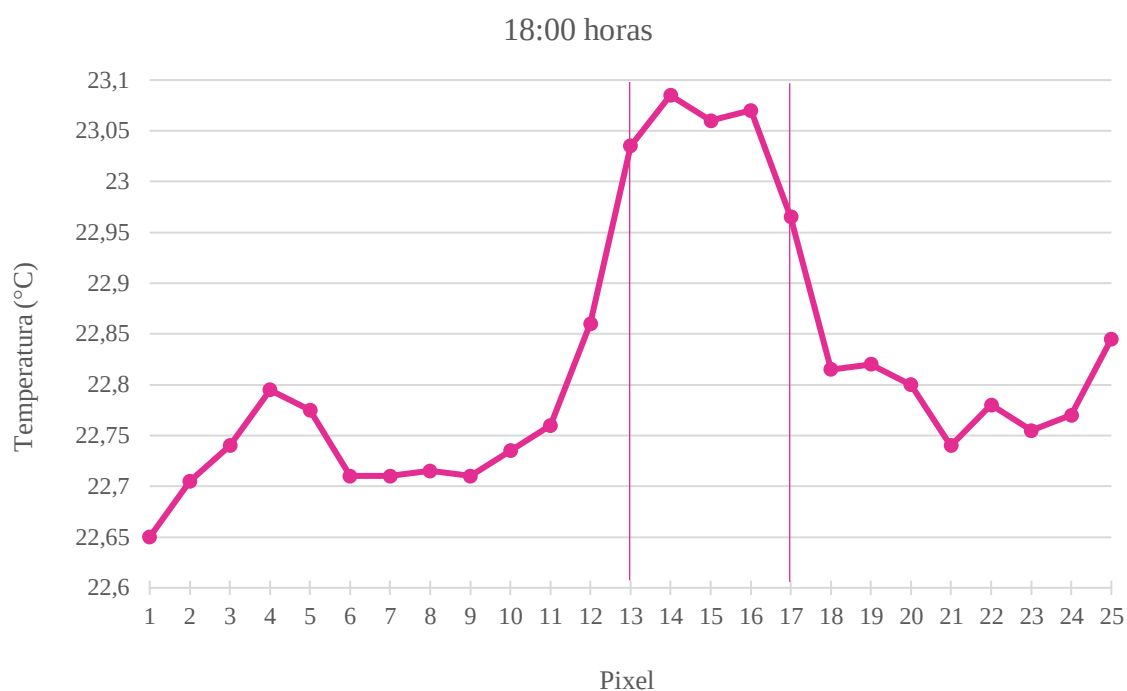
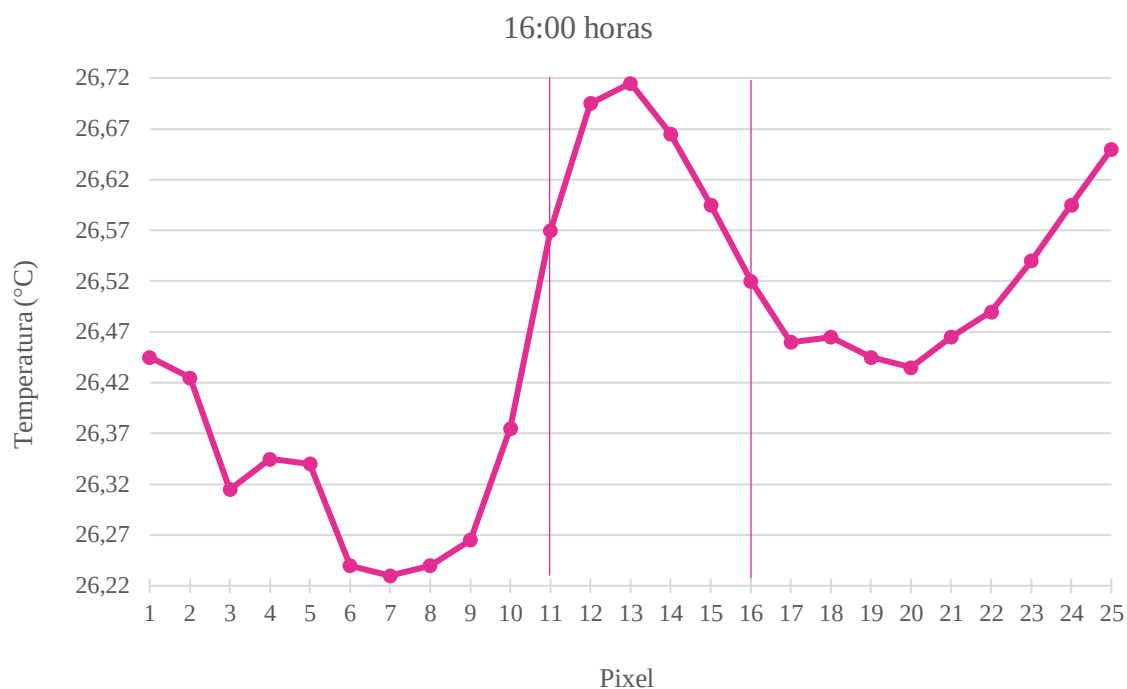


Horário	Temperatura máxima dentro da anomalia (°C)	Temperatura antes da anomalia (°C)	Temperatura depois da anomalia (°C)	Delta-T de entrada (°C)	Delta-T de saída (°C)	Delta-T (°C)
08:00	14,91	14,05	14,41	0,86	0,5	0,86
10:00	16,11	15,31	15,65	0,8	0,46	0,8
12:00	19,25	18,26	18,83	0,99	0,42	0,99
14:00	20,18	19,06	19,43	1,12	0,75	1,12
16:00	26,87	25,51	25,35	1,36	1,52	1,52
18:00	25,68	24,48	24,9	1,2	0,78	1,2

APÊNDICE E – GRÁFICOS PARA OBTENÇÃO DO DELTA-T DA ÁREA 46N – ARGA2

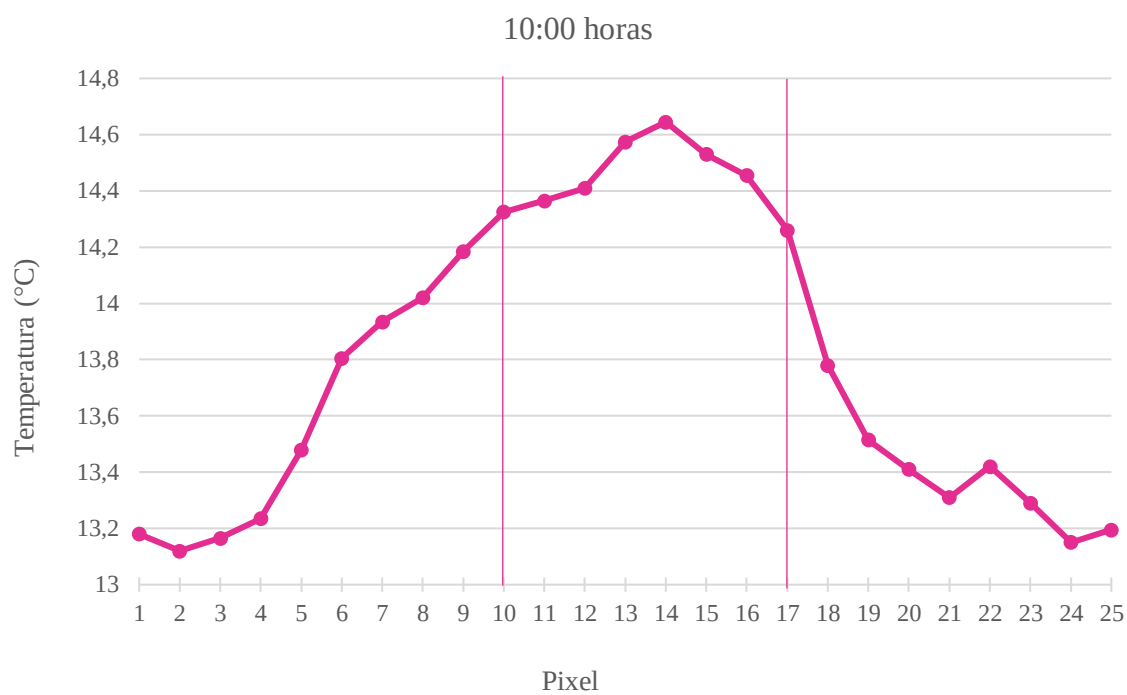
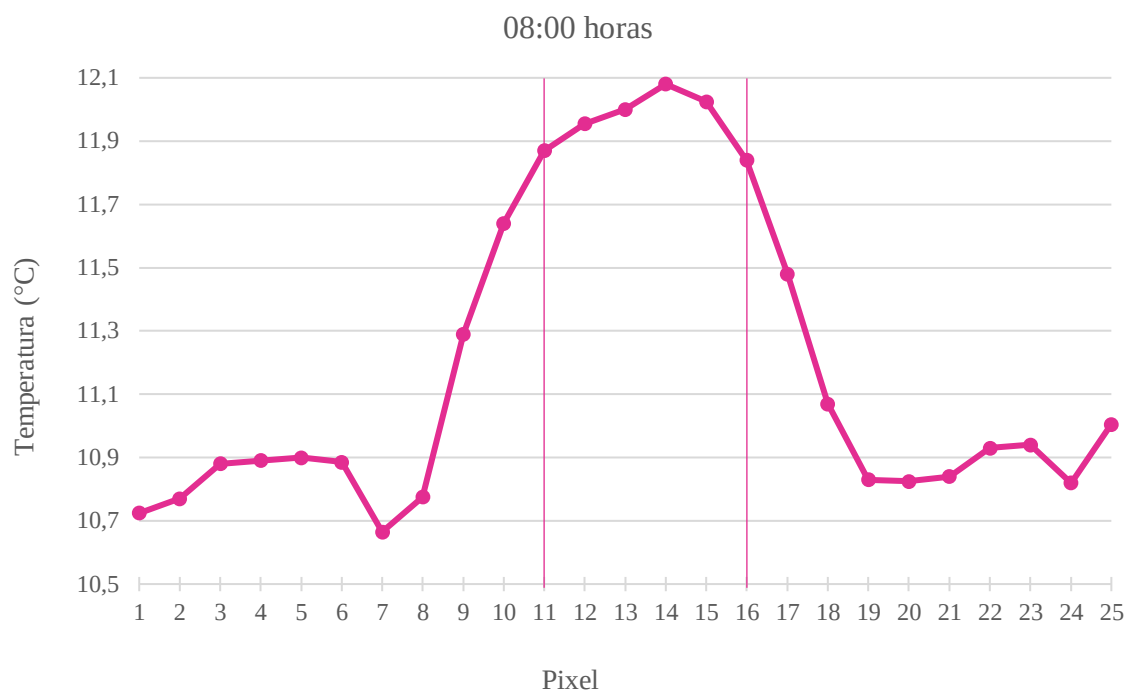


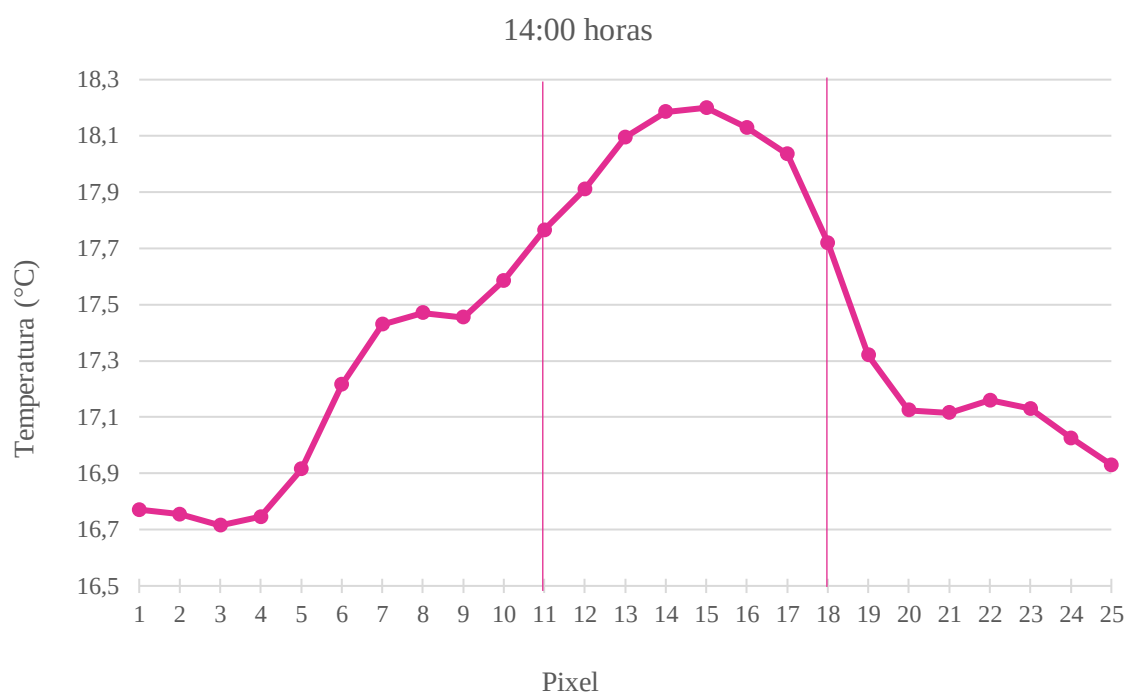
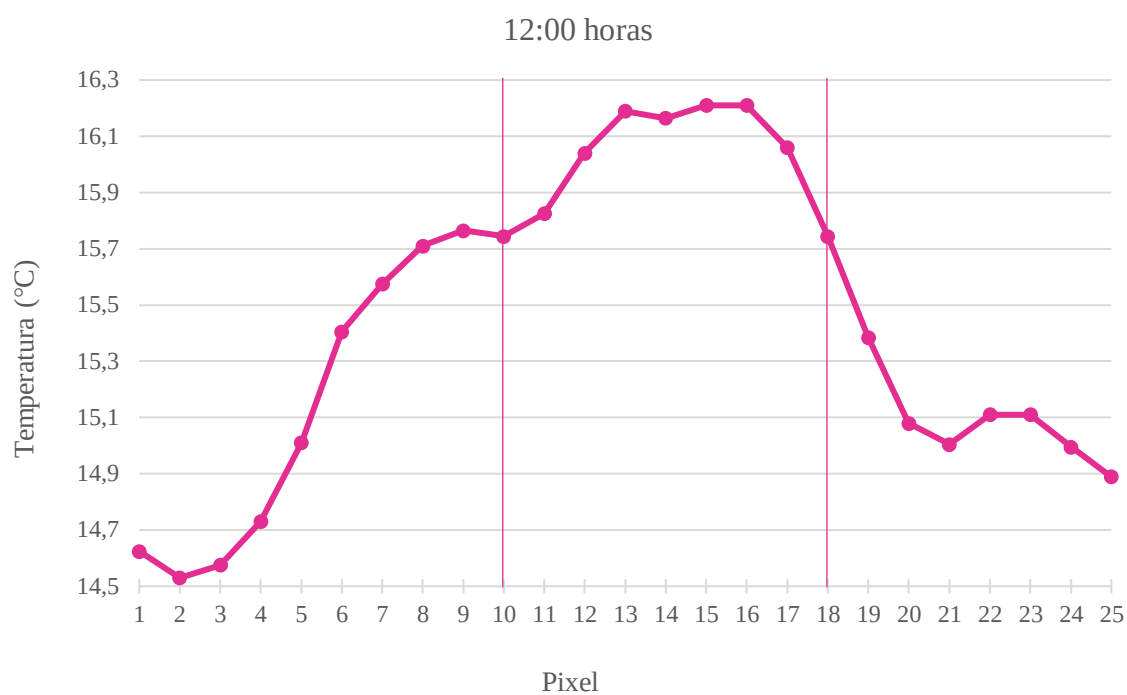


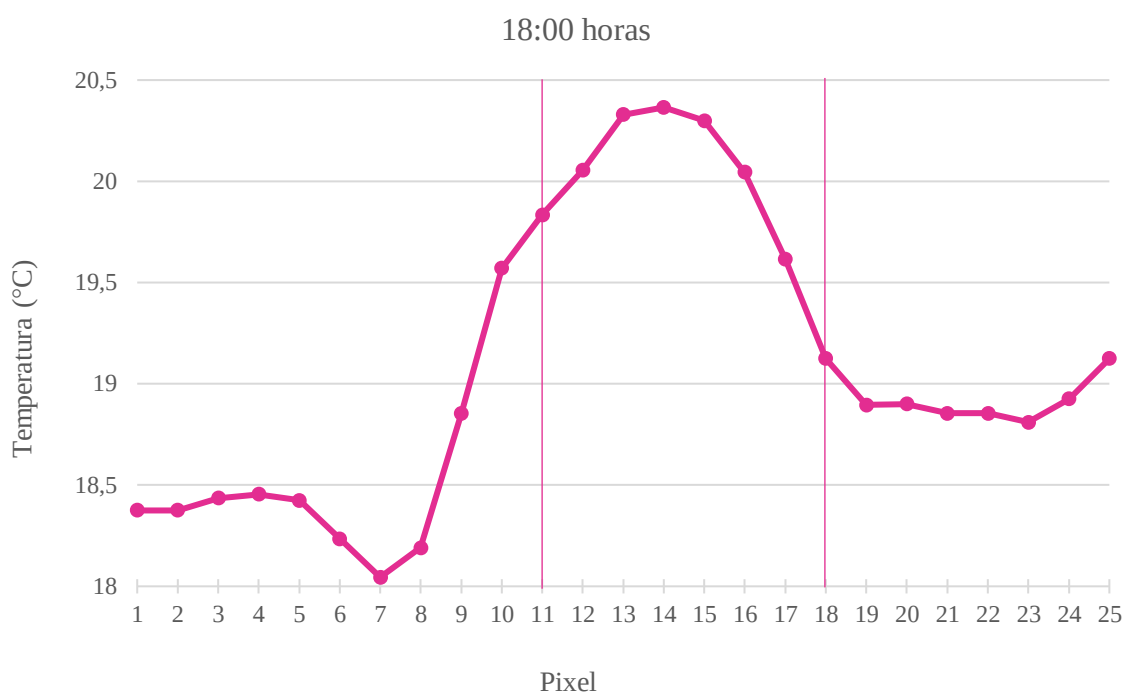
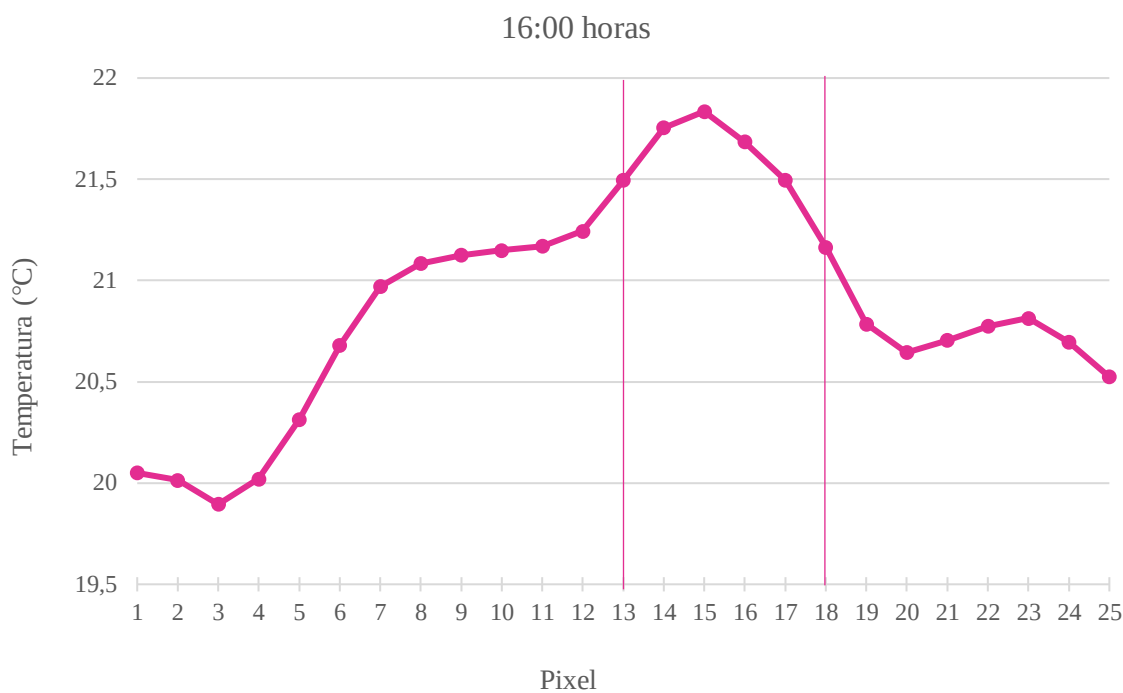


Horário	Temperatura máxima dentro da anomalia (°C)	Temperatura antes da anomalia (°C)	Temperatura depois da anomalia (°C)	Delta-T de entrada (°C)	Delta-T de saída (°C)	Delta-T (°C)
08:00	15,45	15,27	15,34	0,18	0,11	0,18
10:00	23,52	23,09	23,28	0,43	0,24	0,43
12:00	30,34	29,71	29,99	0,63	0,35	0,63
14:00	29,81	29,66	29,75	0,15	0,06	0,15
16:00	26,73	26,48	26,56	0,25	0,17	0,25
18:00	22,95	22,95	23,07	0,17	0,05	0,17

APÊNDICE F – GRÁFICOS PARA OBTENÇÃO DO DELTA-T DA ÁREA 46S – ARGA5

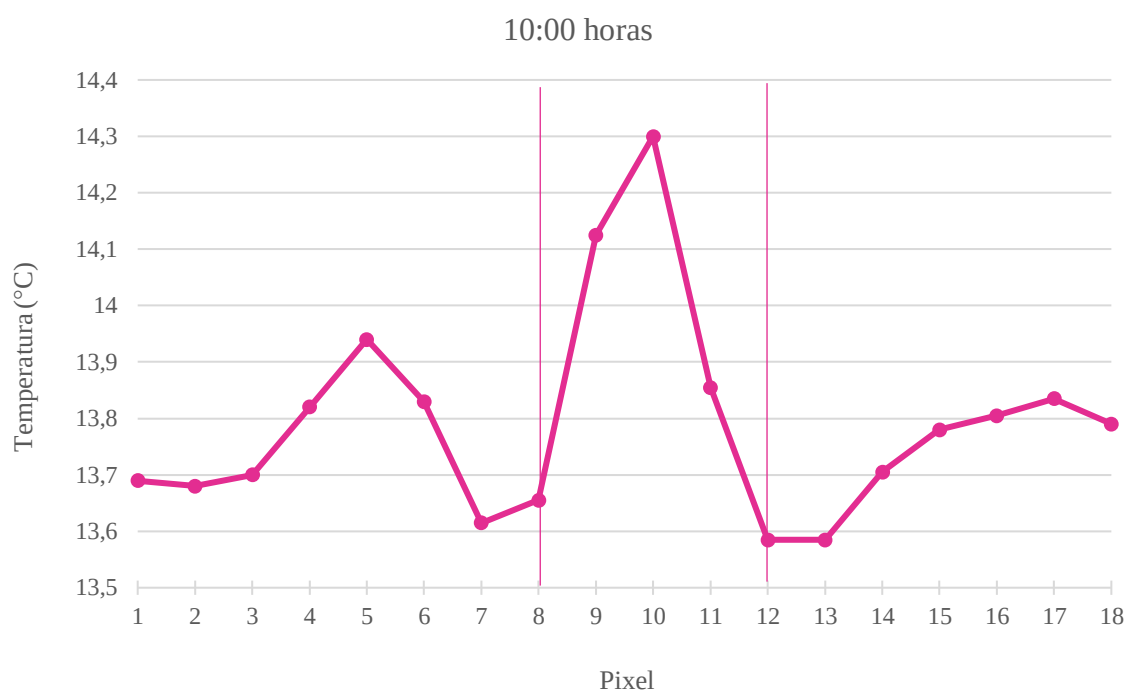
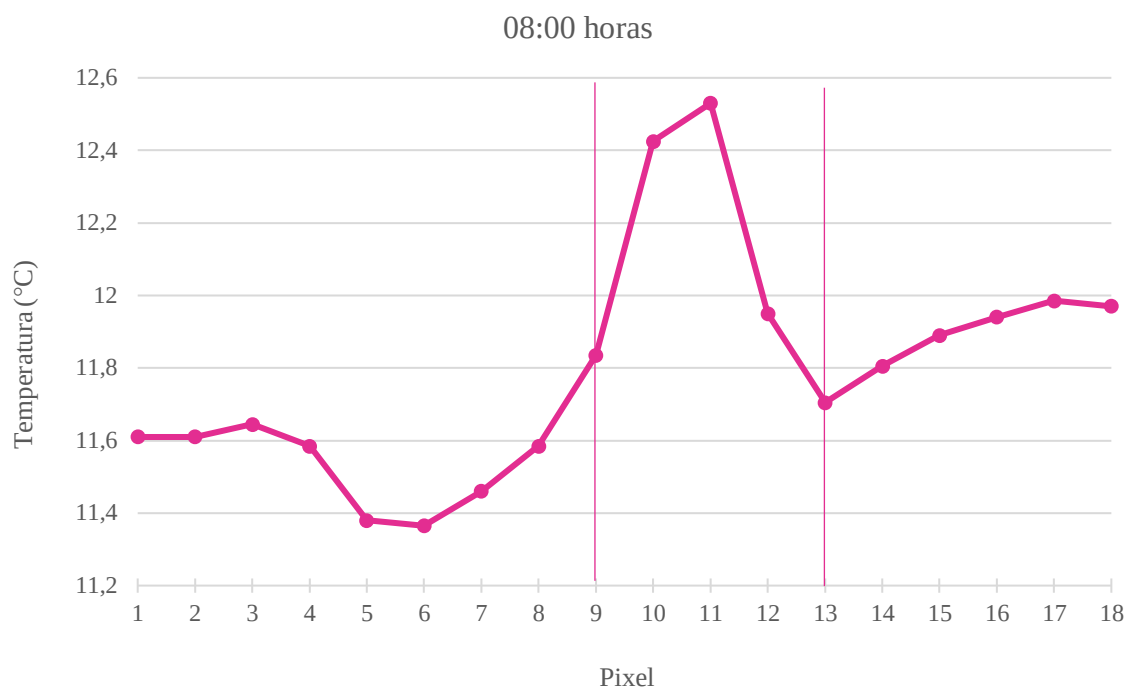


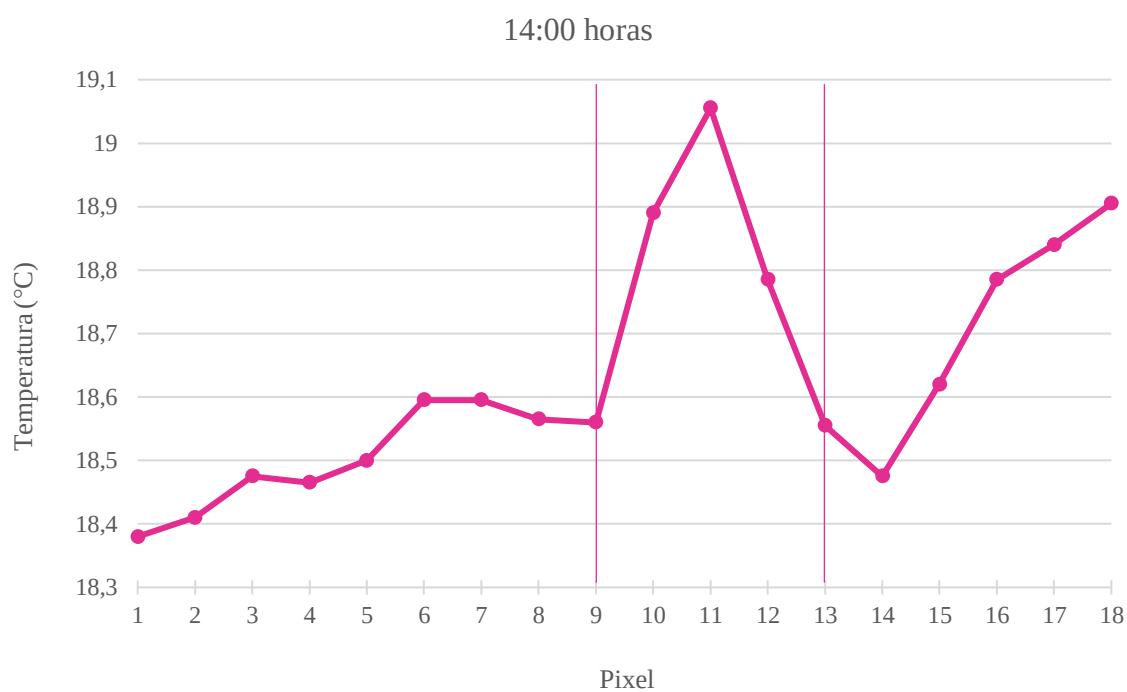
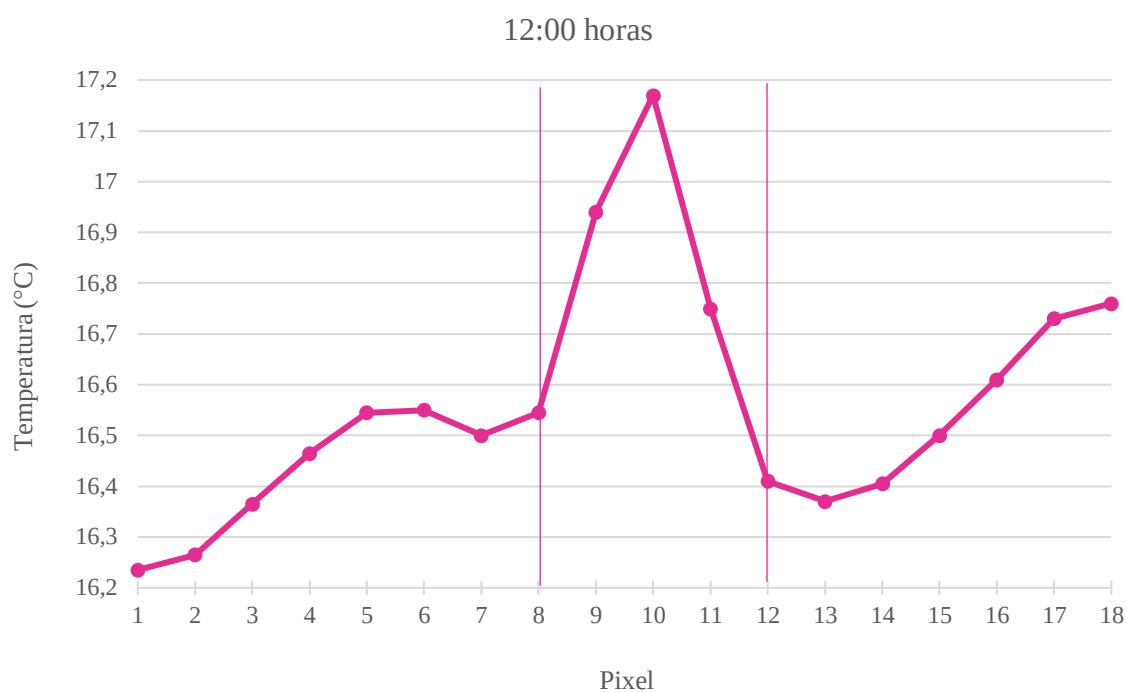


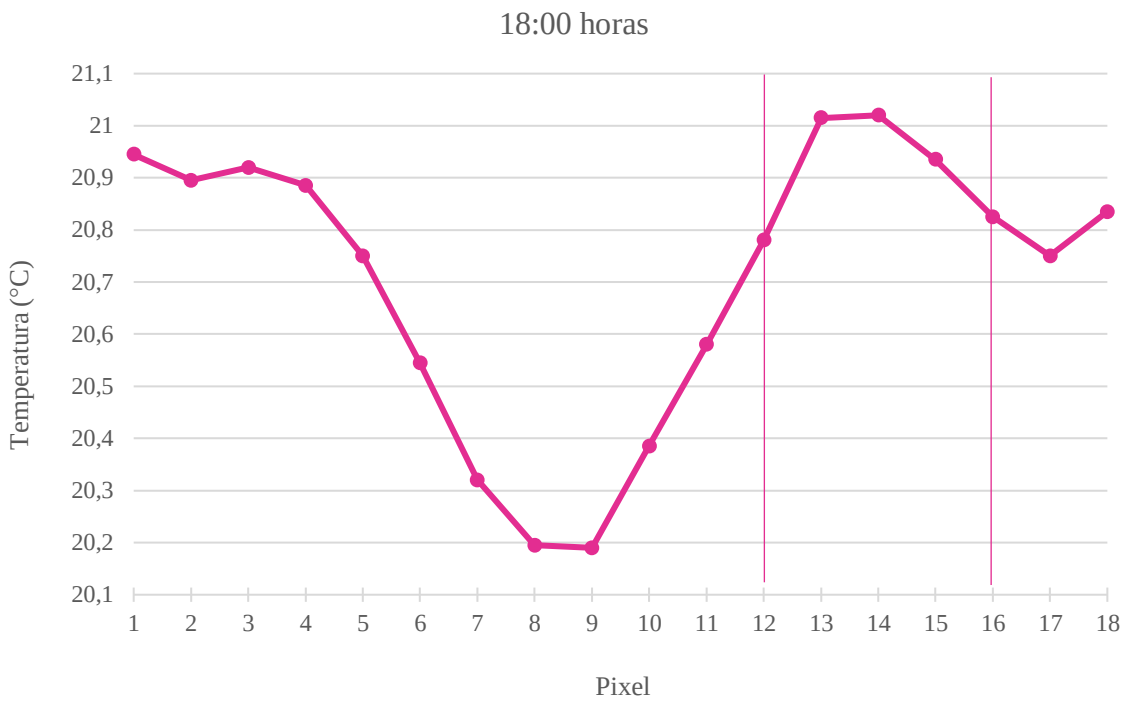
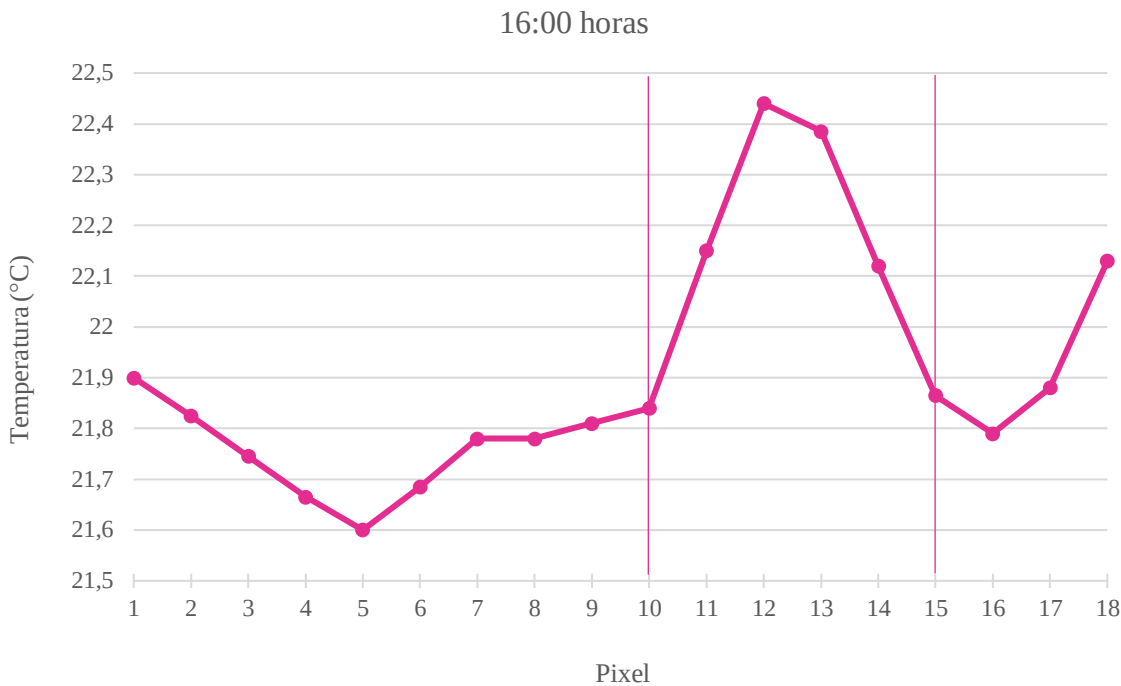


Horário	Temperatura máxima dentro da anomalia (°C)	Temperatura antes da anomalia (°C)	Temperatura depois da anomalia (°C)	Delta-T de entrada (°C)	Delta-T de saída (°C)	Delta-T (°C)
08:00	12,08	11,75	11,97	0,33	0,11	0,33
10:00	14,7	14,29	14,44	0,41	0,26	0,41
12:00	16,25	15,79	15,95	0,46	0,3	0,46
14:00	18,23	17,76	17,98	0,47	0,25	0,47
16:00	21,88	21,36	21,41	0,52	0,47	0,52
18:00	20,41	19,81	19,81	0,6	0,6	0,6

APÊNDICE G – GRÁFICOS PARA OBTENÇÃO DO DELTA-T DA ÁREA 46S – ARGB5



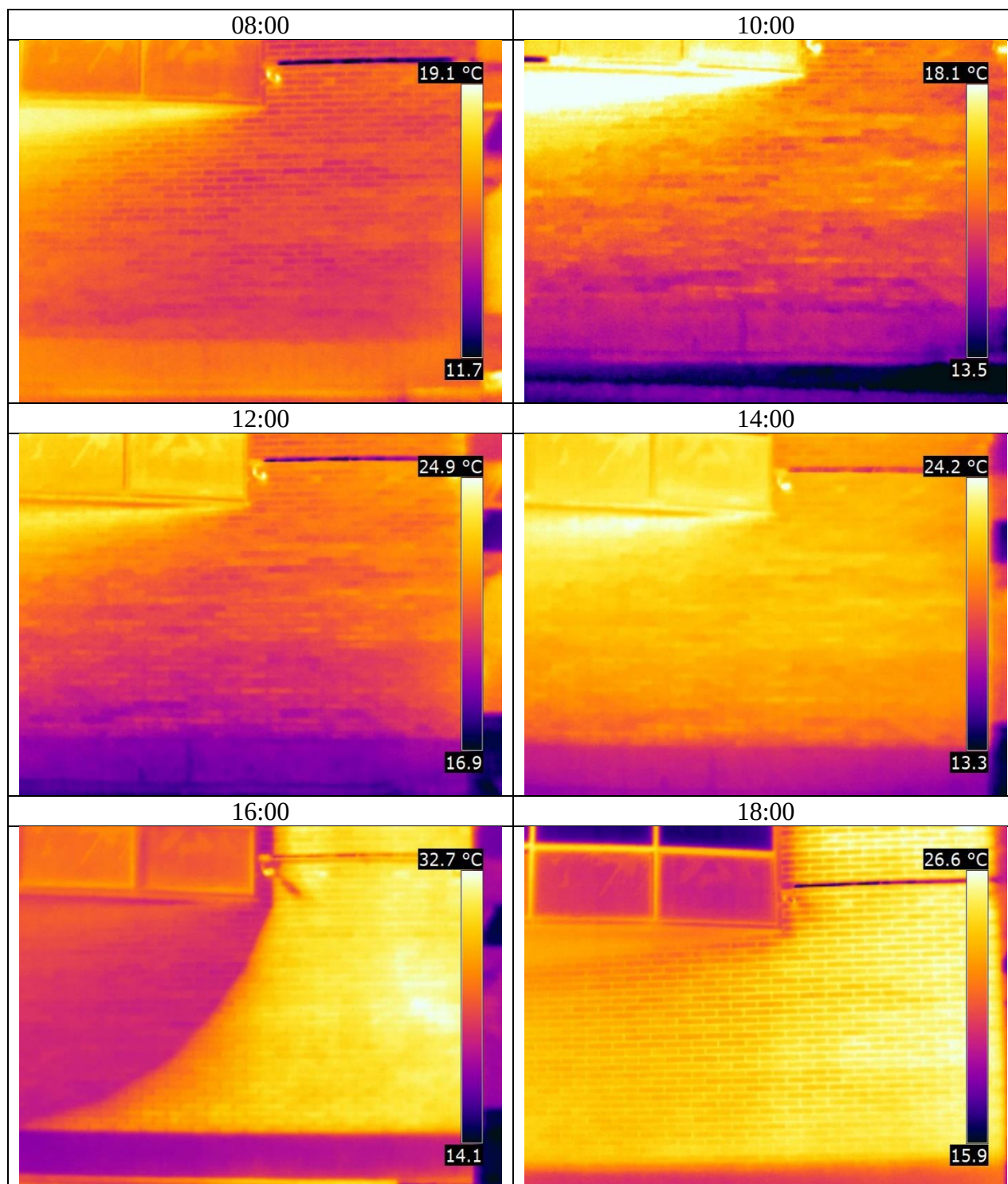




Horário	Temperatura máxima dentro da anomalia (°C)	Temperatura antes da anomalia (°C)	Temperatura depois da anomalia (°C)	Delta-T de entrada (°C)	Delta-T de saída (°C)	Delta-T (°C)
08:00	12,84	11,66	11,68	1,18	1,16	1,18
10:00	14,5	13,56	13,61	0,94	0,89	0,94
12:00	17,27	16,48	16,43	0,79	0,84	0,84
14:00	19,22	18,56	18,68	0,66	0,54	0,66
16:00	22,44	21,82	21,91	0,62	0,53	0,62
18:00	21,09	20,62	20,92	0,47	0,17	0,47

APÊNDICE H – TERMOGRAMAS DAS FACHADAS DE TIJOLO APARENTE DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

- Fachada sul



- Fachada norte

