



FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS
CURSO: ENGENHARIA CIVIL

MAURÍCIO OLIVEIRA MACHADO

MATRÍCULA: 21356800

**A UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA PARA
COMPLEMENTAR O ENSAIO DE ESTANQUEIDADE EM
LOCAIS IMPERMEABILIZADOS – ESTUDO DE CASO**

Brasília

2017

MAURÍCIO OLIVEIRA MACHADO

**A UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA PARA
COMPLEMENTAR O ENSAIO DE ESTANQUEIDADE EM
LOCAIS IMPERMEABILIZADOS – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como um dos requisitos para conclusão do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

Orientadora: Eng.^a Civil Irene de Azevedo Lima Joffily, M.Sc.

Brasília 2017

2017

MAURÍCIO OLIVEIRA MACHADO

**A UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA PARA COMPLEMETAR O
ENSAIO DE ESTANQUEIDADE DE LOCAIS
IMPERMEABILIZADOS – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso
(TCC) apresentado como um dos
requisitos para a conclusão do
curso de Engenharia Civil do
UniCEUB– Centro Universitário de
Brasília

Orientadora: Eng^a Civil Irene de
Azevedo Lima Joffily, M. Sc.

Brasília, 14 de Novembro de 2017.

Banca Examinadora

Eng^a.Civil: Irene de Azevedo Lima Joffily, M.Sc.
Orientadora

Eng^o. Civil: Flavio de Queiroz Costa, M.Sc.
Examinador Interno

Eng^o. Civil: Jorge Antonio da Cunha Oliveira, D.Sc.
Examinador Interno

Resumo

A termografia é considerada um ensaio não destrutivo, realizado com equipamento apropriado, que obtém as temperaturas superficiais de materiais, em função da radiação infravermelha que é emitida pela superfície do corpo. Este ensaio tem sido utilizado ultimamente para auxiliar na detecção de umidade e infiltrações nas edificações. Este trabalho tem por finalidade determinar se a termografia auxilia na detecção de infiltrações na camada impermeabilizante, quando realizada juntamente com o teste de estanqueidade. Para isso, foram realizadas leituras termográficas após a realização do teste de estanqueidade de quatro terraços descobertos, impermeabilizados com manta asfáltica. Os termogramas foram obtidos na superfície da área impermeabilizada, e foram realizadas em vários horários ao longo de 24 horas após a remoção da água, com o intuito de verificar o melhor horário de obtenção destas imagens. Nas quatro áreas testadas foram localizados pontos com concentração de água, indicando uma possível falha na camada impermeabilizante. A maioria dos pontos estava localizada nas emendas, na região do rodapé. Vale ressaltar que no teste de estanqueidade não ocorreram infiltrações no pavimento inferior, indicando que pequenas falhas podem não ser detectadas no período de 72 horas de teste com água como recomenda a NBR 9575.

Palavras chave: Termografia; Teste de estanqueidade; Impermeabilização; Infiltração.

Sumário

.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. OBJETIVO.....	12
1.1.1 Objetivo geral.....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
1.2. PROBLEMA DE PESQUISA.....	12
1.3. JUSTIFICATIVA.....	12
1.4. HIPÓTESE.....	13
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. Impermeabilização.....	14
2.2. Teste de Estanqueidade da (ABNT NBR 9575).....	16
2.3. Manta Asfáltica (ABNT NBR 9952/2013).....	17
2.4 Termografia.....	19
3. METODOLOGIA.....	22
3.1 Locais ensaiados.....	22
3.2 Equipamentos utilizados.....	23
3.3 Ensaios.....	25
3.4. Sistema de impermeabilização.....	25
3.5. Teste de estanqueidade.....	27
3.6. Termografia.....	28
3.7. Registro fotográfico.....	29
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	30
4.1 TERMOGRAFIA.....	30
4.1.1 Área A-01.....	31
4.1.2 Área A-02.....	35
4.1.3 Área A-03.....	41
4.1.4 Área A-04.....	45
4.2 ANÁLISES DAS TEMPERATURAS.....	51
4.2.1 Área A-01.....	53
5. CONCLUSÃO.....	57
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	58
ANEXO A.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Locais testados na obra A contornado em vermelho.	23
Figura 2: Locais testados na obra B contornada em vermelho.	23
Figura 3: Termômetro infravermelho utilizado	24
Figura 4: Aparelho celular e câmera Flir One acoplada.	24
Figura 5: Regularização do piso.....	26
Figura 6: Processo de impermeabilização	26
Figura 7 : Asfalto e manta asfáltica utilizados	27
Figura 8: Impermeabilização da casa de máquina da piscina.....	31
Figura 9: Visão dos ganchos de ancoragem, ralos e passagens de tubulação no piso da laje.....	32
Figura 10: Visão dos ganchos de ancoragem, ralos e passagens de tubulação no piso da laje.....	32
Figura 11: Presença de água no teste de estanqueidade identificada pelo ensaio termográfico	33
Figura 12: Possível infiltração na região da emenda do rodapé (I1)	33
Figura 13: Pontos com presença de água na sobre manta do ralo.	34
Figura 14: Presença de água na emenda do rodapé da manta (I2)	34
Figura 15: Presença de água na emenda entre mantas (I2)	35
Figura 16: Teste de estanqueidade na área nº 2	36
Figura 17: Infiltração no rodapé próximo ao ralo (I1).....	36
Figura 18: Infiltração no transpasse da emenda entre mantas (I2)	37
Figura 19: Presença de água superficial no rodapé(I3).....	37
Figura 20: Presença de água no gancho de ancoragem no piso (I4).....	38
Figura 21: Presença de água na emenda entre mantas do rodapé.	38
Figura 22: Gancho de ancoragem no piso.	39
Figura 23: Diferença de temperatura no encontro de duas paredes(I5)	39
Figura 24: Registro termográfico após 24h do ensaio de estanqueidade	40
Figura 25: Gancho de ancoragem e possível dano mecânico na manta.....	40
Figura 26: Visão do local do SPA na cobertura privativa	41
Figura 27: Visão da Área 03 após o teste de estanqueidade	42

Figura 28: Possível ponto de infiltração entre mantas (I1)	42
Figura 29: Possível ponto de infiltração no piso do SPA (I2).....	43
Figura 30: Infiltração em local danificado(I3).....	43
Figura 31: Indentificação de presença de água através de leitura termográfica	44
Figura 32: Tratamento no local de infiltração(I3) do quinto ensaio.....	44
Figura 33: Realizando o teste de estanqueidade	45
Figura 34: Acúmulo de água após o teste de estanqueidade devido a imperfeições na manta e na superfície	46
Figura 35: Falha de execução na emenda entre mantas (I1).....	46
Figura 36: Infiltração de água no rodapé (I2)	47
Figura 37: Infiltração de água no rodapé (I3)	47
Figura 38: Falha de execução na emenda entre mantas (I4).....	48
Figura 39: Ponto de infiltração com menor intensidade (I2)	48
Figura 40: Ponto de infiltração com menor intensidade (I3)	49
Figura 41: Ponto de infiltração com menor intensidade (I1)	49
Figura 42: Reparo realizado em ponto de acusação de infiltração.....	50
Figura 43: Reparo realizado em ponto de acusação de infiltração.....	50
Figura 44: Reparo realizado em ponto de acusação de infiltração.....	51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Locais submetidos à análise com termografia.....	22
Tabela 2: Horário das leituras	28
Tabela 3: Medições da Área 1.....	31
Tabela 4: Dados coletados do segundo ensaio realizado	35
Tabela 5: Dados coletados do terceiro ensaio	41
Tabela 6: Dados coletados do quarto ensaio realizado.....	45
Tabela 7: Dados de todos os ensaios realizados para análise	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Análise de temperatura Área 01.....	29
Gráfico 2: Análise de temperatura Área 02.....	30
Gráfico 3: Análise de temperatura Área 03.....	30
Gráfico 4: Análise de temperatura Área 04.....	31
Gráfico 5: Pontos de infiltração capturados nos ensaios	31

LISTA DE ABREVIações E SÍMBOLOS

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

DF – Distrito Federal

cm – Centímetros

m² - Metro quadrado

min – Minuto

H - Hora

°C – Grau Celsius

% – Porcentagem

ΔT – Variação de temperatura

1. INTRODUÇÃO.

A deterioração, o envelhecimento de uma obra se dá por vários fatores sendo um deles à água, que é um agente canalizador ou provocador da corrosão. O processo de impermeabilização na construção civil surgiu com óleo de baleia, que era bastante utilizado nas construções para tentar evitar a infiltração da água nas edificações erguidas pelo ser humano.

Em meados do século XIX, com a Revolução industrial, surgiu à utilização do material betuminoso (hidrocarboneto + impurezas, podendo ser asfalto ou piche) na impermeabilização, com isso iniciaram as coberturas com lajes planas, em vista que anteriormente os terraços eram construídos com bastante inclinação para facilitar o escoamento da água.

Manifestações patológicas são encontradas em coberturas de edificações, sendo uma delas a infiltração em áreas descobertas. Essa anomalia, muitas das vezes, aparece quando a edificação entra em serviço, o que dificulta muito na manutenção e gera um grande transtorno para os moradores dos apartamentos e usuários das edificações.

Com isso, o presente trabalho traz a análise de um método não destrutivo para auxiliar o teste de estanqueidade e evitar possíveis infiltrações. Sendo realizados ensaios de estanqueidade em áreas molhadas de coberturas em edifícios em construção atualmente em Brasília, com a câmera termográfica de infravermelho logo após o teste de estanqueidade.

Por fim, este estudo de caso tem a finalidade de descobrir possíveis infiltrações nos locais onde foi impermeabilizado e realizado o teste de estanqueidade. Logo após o teste, realiza-se a vistoria com a câmera termográfica para captar possíveis pontos de infiltração e posteriormente liberar o local para realizar a proteção mecânica da área. Com esse ensaio não destrutivo busca-se antecipar possíveis problemas, se detectado algum local que a água ultrapassou a camada impermeabilizante, mas ainda não transpassou pela laje, o que não seria detectada no teste de estanqueidade.

1.1. OBJETIVO

1.1.1 Objetivo geral.

Determinar se a termografia auxilia na detecção de infiltrações na camada impermeabilizante quando realizada juntamente com o teste de estanqueidade em locais impermeabilizados com manta asfáltica.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Verificar se existem infiltrações na laje após o teste de estanqueidade de forma usual (por baixo) e por cima com o auxílio da termografia, comparando os resultados;
- Caso ocorra infiltração, identificar o local da entrada da água com o uso da termografia;
- Analisar se o horário e o tempo após a retirada da água do teste de estanqueidade influência nos resultados, se sim, apontar o melhor.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

O teste de estanqueidade com 72 horas, como recomenda a norma NBR 9575 (ABNT, 2010), é suficiente para testar a camada impermeabilizante?

1.3. JUSTIFICATIVA.

O trabalho foi escolhido para ser realizado, devido à facilidade de acesso e total liberdade para realizar o teste termográfico nos locais pertinentes em duas coberturas de edifícios em construção no bairro Noroeste, em Brasília-DF. As áreas estavam em processo executivo e realizando a impermeabilização, com execução do teste de estanqueidade obedecendo à norma, em suas coberturas.

Decidiu-se por utilizar a obtenção de imagens termográficas nos locais impermeabilizados, para verificar se se encontravam estanques após o

teste com água. Imagina-se que, os locais com infiltração tendem a manter temperaturas mais baixas, enquanto os locais estanques esquentam mais rápido após a retirada da água do teste. Essas infiltrações podem não ser identificadas no teste de estanqueidade, uma vez que às 72 horas não são suficientes para atravessar a estrutura, principalmente em lajes maciças.

Pretende-se com o uso da termografia melhorar os resultados do ensaio de estanqueidade, evitando futuros aborrecimentos com infiltrações, geralmente de difícil detecção após a conclusão da obra.

A metodologia proposta foi fundamental na escolha do trabalho, pois se trata de um projeto de pesquisa bem dinâmica que incentiva o docente a pesquisar sobre assunto, entender sobre o processo de execução da impermeabilização, o qual é muito importante e interessante, e procurar através das leituras possíveis patologias.

1.4. HIPÓTESE.

Acredita-se que o uso da termografia após a execução do teste de estanqueidade poderá ser útil na detecção de possíveis falhas na camada impermeabilizante, antes mesmo da água atravessar toda a laje de concreto e se manifestar no pavimento inferior, como usualmente é realizado, sendo um método preventivo não destrutivo, evitando aborrecimentos futuros.

2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para ter uma compreensão melhor das principais metodologias abordadas neste estudo de caso, foi estudado e pesquisado quatro tópicos essenciais para realização desse trabalho, sendo eles; impermeabilização, teste de estanqueidade, manta asfáltica e a termografia.

2.1. Impermeabilização

De acordo com a ABNT NBR 9575, o termo impermeabilização é definido como “[o] conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade [evitar a passagem de fluídos e vapores nas construções, pelas partes que requeiram estanqueidade]”. (2010)

[...] podendo ser integrados ou não outros sistemas construtivos, desde que observadas normas específicas de desempenho que proporcionam as mesmas condições de estanqueidade; proteger os elementos e componentes construtivos que estejam expostos ao intemperismo, contra a ação de agentes agressivos presentes na atmosfera; proteger o meio ambiente de agentes contaminantes por meio da utilização de sistemas de impermeabilização; [e, por fim,] possibilitar sempre que possível acesso à impermeabilização, com o mínimo de intervenção nos revestimentos sobrepostos a ela, de modo a ser evitada, tão logo seja percebido falhas do sistema impermeável, a degradação das estruturas e componentes construtivos. (NBR 9575, 2010)

De acordo com essas informações a NBR 9575 (ABNT, 2010).

[...] estabelece as exigências e recomendações relativas à seleção e projeto de impermeabilização, para que sejam atendidos os requisitos mínimos de proteção da construção contra a passagem de fluídos, bem como os requisitos de salubridade, segurança e conforto do usuário, de forma a ser garantida a estanqueidade dos elementos construtivos que a requeiram.

Sabendo que a norma NBR 9575 (ABNT, 2010) se aplica às edificações e construções em geral, em execução ou sujeitas a acréscimos ou reconstrução, ou ainda àquelas submetidas a reformas.

À impermeabilização objeto desta Norma podem estar integrados, ou não, outros sistemas construtivos que garantam a estanqueidade dos elementos construtivos, devendo para tanto serem observadas normas específicas que atendam a esta finalidade. (NBR 9575, 2010).

De acordo com a ABNT NBR 9575:2010, pode-se concluir que um ambiente impermeabilizado deve trazer ao seu usuário um total conforto e o mínimo desgaste possível em relação aos problemas por parte dessa proteção. Atentando-se ao fato de que a impermeabilização foi executada rigorosamente em cada etapa exigida.

Todos os materiais empregados na construção civil estão sujeitos à deterioração, em maior ou menor escala. Evitar esses danos é do ponto de vista histórico, uma das primeiras finalidades dos produtos impermeabilizantes para a construção civil. Pensando nesse processo de proteção às estruturas da construção civil, diversos impermeabilizantes foram criados, cada um com sua finalidade e característica. Um desses impermeabilizantes é a manta asfáltica.

Siqueira (2005) cita as atividades de impermeabilização:

Impermeabilização é a atividade de engenharia que visa a *proteção* das obras e edificações e, ainda, visa manter a água onde nós a desejamos, a fim de evitar as agressões e a deterioração. Quando pensamos em impermeabilização, pensamos em manta asfáltica. Porém esse conceito está equivocado a manta asfáltica é um material e vários materiais são impermeabilizantes. Impermeabilizantes são aqueles que impedem a passagem de água. Impermeabilização é um sistema, e não apenas um produto a ser aplicado na obra.

2.2. Teste de Estanqueidade da (ABNT NBR 9575)

Para realização do teste de estanqueidade, serviços antecedentes devem ser realizados na seguinte ordem; após o contrapiso regularizar a área a ser impermeabilizada tanto vertical como horizontal retirando todas as imperfeições aparentes e realizando um caimento de no mínimo 1%, logo após a regularização realizar a limpeza da superfície, aplicar uma camada de primer sobre a superfície, proceder a colocação da a manta asfáltica e por fim o teste de estanqueidade.

O teste de estanqueidade visa submeter a área a ser impermeabilizada a uma carga de água por no mínimo setenta e duas horas sem demonstrar nenhum vazamento, seguindo os seguintes princípios de acordo com Denver (2017):

- Após a realização da impermeabilização, esperar o tempo necessário para cura do impermeabilizante utilizado (o tempo pode variar de acordo com o produto utilizado), no caso da manta asfáltica, aguardar o resfriamento do asfalto das emendas, dependendo das condições ambientes pode variar de três a seis horas;
- Colocar uma lâmina d'água de cota cinco centímetros, no mínimo;

- Deixar a área imersa durante um período mínimo de setenta e duas horas;
- Verificar vazamentos ou infiltrações no pavimento inferior e/ou bolhas sob a impermeabilização;
- Caso haja deficiência, refazer a mesma

2.3. Manta Asfáltica (ABNT NBR 9952/2013)

A manta asfáltica é um procedimento de impermeabilização considerado um sistema flexível de impermeabilização e está previsto nas normas: ABNT NBR 9574 – Execução de impermeabilização, ABNT NBR 9575 Impermeabilização – Seleção e projeto e, de forma detalhada, na norma ABNT NBR 9952 – Manta asfáltica para impermeabilização.

Trata-se de um sistema de impermeabilização industrializado por calandragem do asfalto modificado e estruturado com armadura de poliéster ou fibra de vidro. O processo consiste no aquecimento do asfalto por volta de 200 °C armazenado em um tanque no qual é inserido o estruturante que fica impregnado pelo asfalto. Depois, entra em um processo que define a espessura da manta e o posicionamento do estruturante. No final, ocorre o resfriamento, a aplicação do material de acabamento e, por último, o embobinamento.

Por essa versatilidade de processo, as mantas asfálticas, segundo a norma ABNT NBR 9952, podem ser divididas em 4 tipos (Tipos I, II, III e IV). Cada tipo possui parâmetros de ensaios como espessura, resistência à tração, flexibilidade a baixa temperatura, estanqueidade, resistência ao rasgo, estabilidade dimensional, escorrimento, resistência ao impacto, absorção de água, envelhecimento acelerado e flexibilidade após o envelhecimento. A escolha de cada tipo depende das características da obra e da especificação do projeto de impermeabilização.

“As mantas asfálticas são classificadas de acordo com a tração e alongamento em tipos I, II, III e IV, e a flexibilidade a baixa temperatura em classes A, B e C.” (NBR 9952, 2013)

As mantas asfálticas devem possuir as seguintes características: apresentar compatibilidade entre seus constituintes, [que são] asfalto, armadura e acabamento nas mantas asfálticas auto protegidas, de modo a formar um conjunto monolítico; suportar os esforços atuantes para os quais se destinam, mantendo-se estanques; apresentar superfície plana com espessura uniforme, de bordas paralelas, não serrilhadas; ser impermeáveis, resistentes à umidade e sem apresentar alteração de seu volume, quando em contato com a água; resistir aos álcalis e ácidos dissolvidos nas águas pluviais, [e por fim] apresentar armadura distribuída uniformemente em toda a sua extensão e que não se destaque, descole ou de lamine ao longo do tempo. (NBR 9952, 2013)

É importante levar em conta as dimensões da área a ser impermeabilizada e o tipo de estrutura, de modo a permitir a escolha da manta mais adequada para cada caso. Também, deve-se levar em conta a vida útil desejada para o sistema, pois em função desta e do tamanho da área, é recomendável a utilização de dupla camada. (Impermeabilização por manta asfáltica – Isocorb.) Esses fatores normalmente são definidos no projeto de impermeabilização, que é orientado pela NBR 9575 (ABNT, 2003).

As mantas asfálticas comercializadas no País devem seguir parâmetros brasileiros, independentes de sua origem de fabricação, para atendimento do código de defesa do consumidor, os parâmetros mínimos de qualidade devem ser seguidos e atendidos, assim como as disposições de nomenclatura nas embalagens, conforme a ABNT NBR 9952:2014.

Trabalhando baseado dessa informação, em 2013 houve o 13º simpósio brasileiro de impermeabilização, com o intuito de avaliar e analisar as mantas asfálticas que estão à disposição no mercado nacional, através da realização de ensaios, que seguiram restritamente as orientações propostas pela norma técnica ABNT NBR 9952, apontando diversas diferenças entre as mantas asfálticas, sendo elas: a resistência a tração longitudinal e transversal, flexibilidade à baixa temperatura, resistência ao impacto, escorrimento a 95°C, entre outras.

Com isso puderam concluir que muitas não atendem todos os requisitos de norma e que alguns fabricantes ainda fornecem algumas informações imprecisas como, por exemplo, a espessura e a resistência a altas temperaturas da manta asfáltica comercializada.

2.4 Termografia

A câmera termográfica funciona através da radiação térmica ou infravermelha emitida por qualquer estrutura, corpo ou objeto que possuir temperatura superior a zero absoluto [...]. [Sua foto capturada tem por finalidade revelar as diferenças de temperatura de determinado local, revelando que] um corpo ao emitir radiação visível em quantidade suficiente para adquirir luminosidade própria, aparecerá em cor vermelha transformando-se em laranja e amarelo à medida que a temperatura aumenta. [...] [Quando o processo inverso ocorre], o corpo não emitirá radiação, a cor azul aparecerá nas fotos alterando-se para o preto de acordo com a diminuição de temperatura. Tal diferença de cores se torna possível devido à emissividade do objeto em estudo, ou seja, a medição da gama de radiação emitida pelo objeto quando comparada à que é emitida pelo corpo que absorve toda radiação submetida sobre ele, em qualquer comprimento de onda, conhecido como corpo negro ideal. (ALVES; SOUSA; 2014).

Na Europa, a utilização do ensaio termográfico infravermelho é bastante comum na inspeção não destrutiva das edificações, devido ao seu grande potencial de avaliação térmica na região. Este fato ocorre, pois se trata de um local com predominância de baixa temperatura e alta umidade, dando uma melhor condição de visualização nos resultados obtidos através das imagens, em vista que os pontos com alta umidade ou baixa temperatura aparecem com uma coloração escura nas imagens.

A termografia infravermelha na região, conforme mencionado anteriormente, auxilia a construção civil com maior frequência na identificação de problemas em instalações elétricas, apontando um superaquecimento dos disjuntores que poderia resultar em um incêndio, e na identificação de vazamentos no sistema de aquecimento, revelando uma ineficiência do isolamento utilizado, que permite a saída do ar quente, com isso o consumo de energia seria maior e poderia até causar um problema no sistema.

Podendo auxiliar também na definição de parâmetros, como a emissividade, que é a capacidade de um objeto emitir radiação eletromagnética (neste caso energia infravermelha) quando o comparamos com o 'corpo negro' para a mesma temperatura e comprimento de onda. A temperatura refletida, que é a capacidade de um material refletir a radiação infravermelha e a transmitância que é a medida da capacidade de determinado material de transmitir (permitir a passagem) da radiação infravermelha.

Por Alves e Sousa (2014)

Este ensaio é considerado não destrutivo, pois não há necessidade de retirar corpos-de-prova para executá-lo, basta tirar fotos com a câmera termográfica no local em que se deseja estudar e avaliar a diferença de temperatura existente. Giorleo et al (2002 apud CORTIZO, 2007), afirma que a termografia é considerada uma técnica não destrutiva, utilizada para medição de temperatura de todos os tipos de materiais. Segundo Sakagami et al. (2002 apud CORTIZO, (2007) “a termografia é uma das mais poderosas técnicas de medição de temperatura sem contato.”

O trabalho em questão tem como objetivo avaliar a possibilidade de utilizar a técnica não destrutiva de termografia de infravermelho, na detecção de problemas ocultos, baseando-se em análises realizadas em duas diferentes obras no Distrito Federal, porém sendo duas obras de alto padrão. Levando em consideração que os ensaios foram realizados em horários distintos ao longo do dia, para relatar as diferenças climáticas como: a incidência solar e o período chuvoso.

3. METODOLOGIA

Esse capítulo tem por finalidade explicar os procedimentos realizados e demonstrar, de forma clara, como os ensaios realizados com a câmara termográfica juntamente com o teste de estanqueidade, podem ser benéficos à construtora, pois ajudará na detecção de possíveis falhas na camada impermeabilizante, antes mesmo da água atravessar toda a laje de concreto e se manifestar no pavimento inferior podendo trazer danos a estrutura e incômodos futuros.

Os testes foram realizados em duas obras, permitindo analisar quatro locais distintos, sendo todos submetidos ao mesmo processo de impermeabilização, conforme a tabela 1.

Tabela 1: Locais submetidos à análise termográfica

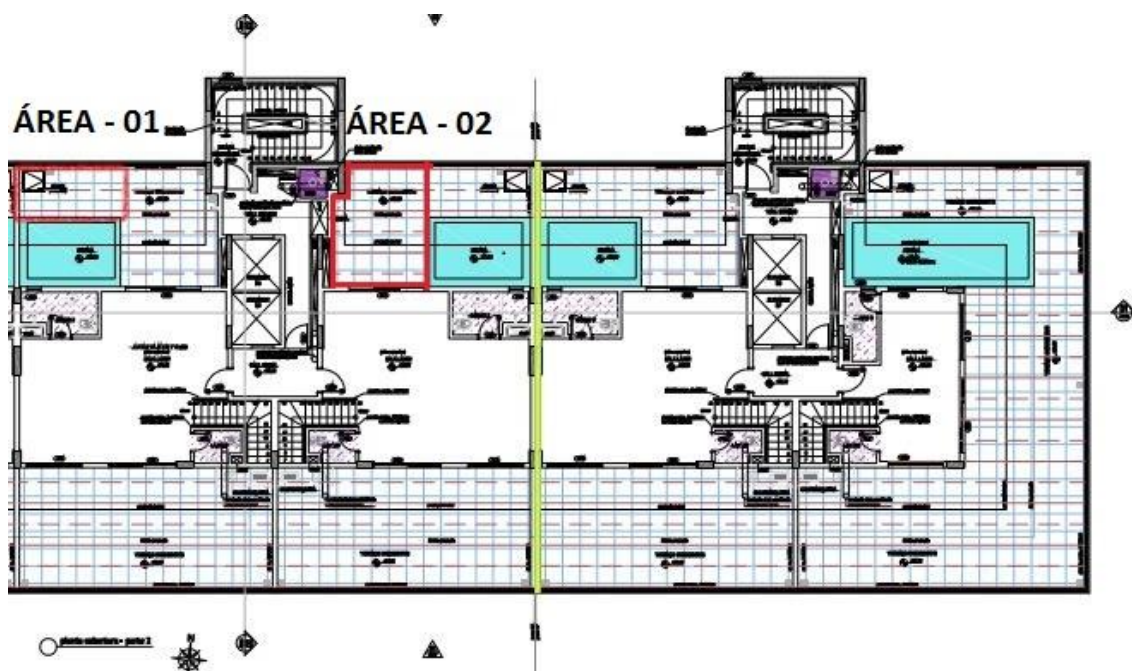
Obra:	Área	Local	Área (m²)	Impermeabilização
A	A-01	Casa de Máquina	15	Manta Asfáltica
A	A-02	Laje de um Deck Descoberto	18	Manta Asfáltica
B	A-03	Spa Privativo	12	Manta Asfáltica
B	A-04	Spa Privativo	12,5	Manta Asfáltica

3.1 Locais ensaiados

Todos os locais submetidos aos ensaios apresentavam projetos de impermeabilização, os quais foram seguidos rigorosamente pela empresa. Esses locais foram medidos e mapeados conforme as figuras 1 e 2.

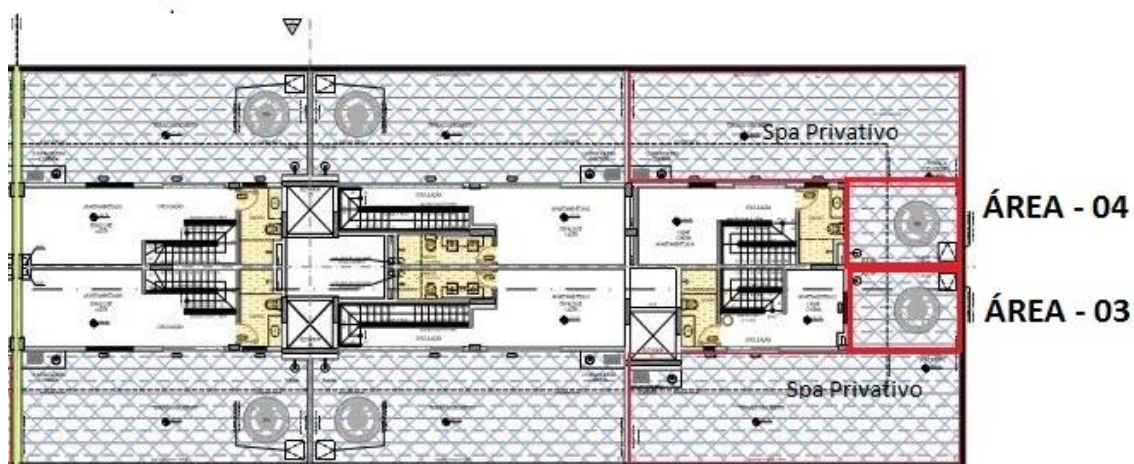
A figura 1 representa o projeto de impermeabilização do empreendimento A, destacando as áreas submetidas aos testes termográficos, sendo eles a casa de máquina com 15 m² e o deck descoberto com 18 m².

Figura 1: Locais testados na obra A contornado em vermelho.



A figura 2 representa o projeto de impermeabilização do empreendimento B, onde se submeteu o teste termográfico nas lajes que terão instalados o Spa privativo, cada um com uma área de aproximadamente 12 m².

Figura 2: Locais testados na obra B contornada em vermelho.



3.2 Equipamentos utilizados

Para realização dos ensaios foram utilizados alguns equipamentos: termômetro infravermelho (Mastercool), aparelho celular e câmera termográfica Flir One 2ª geração com versão para IOS.

O equipamento utilizado para medir a temperatura na superfície da impermeabilização foi um sensor infravermelho de mão da marca Mastercool, como ilustra a figura 3.

Figura 3: Termômetro infravermelho utilizado



Para a obtenção das imagens termográficas utilizou-se a câmera Flir One (Figura 4), que é acoplada a um aparelho celular e operada pelo aplicativo da própria Flir One.

Figura 4: Aparelho celular e câmera Flir One acoplada.



3.3 Ensaio

Os ensaios foram realizados in loco, em horários pré-estabelecidos. O primeiro procedimento a ser realizado em todos os testes, é a retirada da água utilizada no teste de estanqueidade, abrindo-se o ralo do local, em alguns casos, foi utilizado um rodo e um pano para auxiliar o processo de secagem em outros a secagem aconteceu por conta do clima ambiente.

Em seguida, eram obtidas as imagens com a câmera termográfica e também a medição da temperatura na superfície da manta asfáltica com o termômetro infravermelho de mão. Esse procedimento foi realizado cinco vezes ao longo de 24 horas após a retirada da água.

Obtiveram-se imagens termográficas no primeiro ensaio na região do rodapé da área impermeabilizada, pois era o primeiro local a ficar seco superficialmente, depois o piso e por fim o ralo, o qual sempre apresentava um acúmulo de água devido ao seu rebaixamento.

A primeira leitura realizada imediatamente após a abertura do ralo para escoar a água do teste de estanqueidade era praticamente ineficiente devido ao acúmulo de água no piso, causado pelas irregularidades da manta. Com isso não se obtém uma leitura precisa, já o segundo teste quase sempre é possível realizar a leitura do rodapé.

3.4. Sistema de impermeabilização

O processo construtivo da impermeabilização adotado foi o mesmo para todas as áreas analisadas, sendo um serviço terceirizado pela construtora. Após a total regularização e execução do caimento (0,5% a 1,0%) da área a ser impermeabilizada foi realizada uma limpeza tirando todas as impurezas e possíveis obstáculos ao processo (Figura 5).

Figura 5: Regularização do piso



O primeiro passo é aplicar uma demão do primer asfáltico por toda a superfície, com auxílio de um rolo, logo após a total secagem do primer a manta asfáltica é aplicada no local com a utilização do maçarico, o qual tem a finalidade de aquecer a manta para a mesma se fixar no local.

Figura 6: Processo de impermeabilização



a) Primer

b) Manta asfáltica

As emendas são feitas por uma sobreposição de 10 cm entre as mantas, as quais além da sobreposição são aquecidas pelo maçarico e coladas, após serem aquecidas e unidas o funcionário realiza o acabamento. Por fim, as juntas recebem um caldeamento de asfalto quente sobre a manta para melhorar a estanqueidade do local. Esse serviço é realizado por dois funcionários, que utilizam equipamentos de segurança e ferramentas, sendo

eles: luva de couro, máscara respiratória, macacão de couro, capacete, maçarico, botijão de gás, colher de pedreiro e uma faca.

Os produtos com base asfáltica utilizados para realizar a impermeabilização foram do fabricante Denver Impermeabilizantes (Figura 7), suas especificações técnicas são apresentadas no Anexo A, sendo o Denver poliasfalto utilizado para o banho de asfalto nas emendas e a manta como sistema impermeabilizante.

Figura 7 : Asfalto e manta asfáltica utilizados



3.5. Teste de estanqueidade

O teste de estanqueidade foi realizado com o termino da impermeabilização, após analisar que as emendas já estavam secas e resfriadas.

O primeiro passo foi lacrar totalmente o local a ser testado, vedando as passagens e os ralos. A vedação no empreendimento A era realizada apenas colando um pedaço de manta asfáltica sobre os ralos, ou seja, não testavam os ralos. Já no empreendimento B, a tubulação era lacrada com papelão e depois preenchida com asfalto para ocupar os vazios existentes, dessa maneira, pretende-se realmente testar a impermeabilização na região dos ralos. O local era isolado por uma fita zebra, para não ter o movimento de pessoas.

Em seguida a área era submersa, deixando uma lâmina de água com uma profundidade que variava de cinco a quinze centímetros.

O teste era realizado por no mínimo setenta e duas horas, observando o local durante esse tempo para notar algum possível vazamento ou local danificado na manta. Em algumas áreas esses testes foram realizados por um período maior, a pedido da engenharia do empreendimento com o objetivo de verificar a eficiência da impermeabilização.

3.6. Termografia

Obedecendo a intervalos de aproximadamente 2 horas, foram realizadas as leituras apresentadas na tabela 2. O primeiro teste foi realizado imediatamente após o esvaziamento do local, sendo realizada mais 4 leituras ao longo do dia, sendo a última, 24 horas após a retirada da água.

Em alguns locais não foi possível realizar a leitura com 24 horas devido o início da proteção mecânica.

Decidiu-se esvaziar dois locais no período da manhã, por volta das 8h e os outros dois no início da tarde, por volta de meio dia, para verificar se o horário em que a água é retirada influencia nos resultados obtidos pelas imagens termográficas.

Tabela 2: Horário das leituras

Área	Retirada da água (Teste 1)	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5	Teste 6
A-01	07h: 50min	10h: 30min	12h: 30min	15h: 30min	18h: 30min	-
A-02	12h: 10min	14h: 10min	16h: 10min	18h: 10min	12h: 00min	-
A-03	12h: 00min	13h: 30min	15h: 30min	17h: 20min	07h: 30min	-
A-04	08h: 00min	09h: 40min	12h: 20min	14h20min	16h: 00min	08h: 00min

Essa metodologia foi adotada, para tentar verificar se o horário e temperatura influenciam no teste termográfico, ou seja, se existe um melhor horário tanto para retirar a água como para obter as imagens termográficas, uma vez que a temperatura ambiente influencia a temperatura da impermeabilização, após a retirada da água.

O intervalo entre as leituras foi adotado de forma a realizar algumas leituras no decorrer do dia, levando em consideração um tempo plausível para o local sofrer interferências do intemperismo. O tempo que a manta asfáltica leva para secar foi levado em consideração, por esses motivos o intervalo adotado foi de duas horas entre as leituras, realizando o primeiro ensaio imediatamente após o esvaziamento do teste de estanqueidade.

Além da obtenção das imagens termográficas, nos mesmos horários foram medidas as temperaturas na superfície da manta com o termômetro infravermelho e da temperatura ambiente.

3.7. Registro fotográfico

Os registros fotográficos tiveram basicamente o mesmo princípio, registrar fotos do local com a manta asfáltica, registrar fotos do local sob teste de estanqueidade e iniciar o ensaio fotográfico logo após o término do teste de estanqueidade.

O primeiro ensaio termográfico, quase nunca possibilitava um registro nítido, devido ao fato do local apresentar acúmulo de água sobre a manta asfáltica. Desse modo, a maioria dos registros fotográficos iniciava no segundo ensaio do dia, possibilitando quase sempre realizar as leituras em todo o rodapé do local e as emendas entre as mantas, apontando os possíveis pontos de infiltração.

A segunda etapa era realizar a leitura do piso e ralos da área, dependendo do clima ou se a manta asfáltica foi enxuta com auxílio do rodo e pano, essa análise já era realizada no terceiro ensaio do dia, se não, a partir do quarto.

Para os demais ensaios, sempre se repetia o mesmo procedimento, realizando as leituras no rodapé, emenda, piso e ralos. Monitorando os pontos que apontaram acúmulo de água, quando existiam.

Lembrando que os registros fotográficos obedeceram rigorosamente aos horários definidos para cada leitura do local. Dessa forma, pode-se registrar o que era possível e tinha finalidade para pesquisa, em cada ensaio realizado ao decorrer do dia.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.

A partir do trabalho realizado, pode-se notar que o ensaio com a câmera termográfica juntamente com o teste de estanqueidade, obteve resultados significantes de imediato, em vista que vários possíveis pontos de infiltração foram encontrados e tratados antes de realizar a proteção mecânica das áreas.

Com isso, a empresa pode ter uma economia em curto prazo, fixando-se a ideia de que algum dos pontos encontrados futuramente poderia virar uma infiltração, a qual geraria um retrabalho sendo um método destrutivo, pois teria que mapear o ponto de infiltração e refazer a impermeabilização e todo o método construtivo adotado.

Pode-se analisar que alguns métodos adotados no trabalho em questão influenciam na melhoria dos resultados, tais como, a sobreposição nas emendas das mantas em no mínimo dez centímetros, a perfeita execução do serviço principalmente no rodapé, locais apontados com maior número de possíveis pontos de infiltração, a retirada da água do teste de estanqueidade com auxílio de um rodo e um pano, principalmente para realização da primeira leitura, o isolamento do local evitando atividades sobre a manta asfáltica, a retirada das impurezas como pedaços de massa, isopor, metal, madeira entre outras impurezas que se apresentam com diferença de temperatura em relação à manta.

4.1 TERMOGRAFIA

Os resultados obtidos pelas imagens termográficas em quatro áreas diferentes, bem como a temperatura ambiente e da manta asfáltica serão apresentados a seguir, indicando o horário e local em que se constatou possíveis falhas.

É válido ressaltar que em nenhuma área submetida ao teste de estanqueidade ocorreu vazamento no pavimento inferior durante o teste de estanqueidade, em que a verificação foi feita apenas com vistoria visual realizada sob a laje testada.

4.1.1 Área A-01

O primeiro teste foi realizado dia 16/03/2017, em uma laje da casa de máquina da piscina, que fica na área externa de uma cobertura, com área de 15 m² e que estava sobre uma laje maciça de 12 cm de espessura, os dados coletados nos ensaios seguem na tabela 3.

Tabela 3: Medições da Área 1

Ensaio	Horário	Local Analisado	Ponto de Infiltração	Temp Ambiente (°C)	Temp Manta (°C)
1	07:50	Rodapé	I1-Emenda Rodapé	22	25
2	10:30	Rodapé/Piso	-	24	29
3	12:30	Rodapé/Piso	I2-Emenda Rodapé	26	28
4	15:30	Rodapé/Piso	-	25	39
5	18:00	Rodapé/Piso	-	22	28

O local era parcialmente atingido pelos raios solares, porém uma lona foi colocada no guarda corpo para proteger a manta, conforme figura 8.

Figura 8: Impermeabilização da casa de máquina da piscina.



Os ganchos de ancoragem, ralos e passagens de tubulações que atravessam a laje testada, apresentavam em determinados ensaios com diferença de temperatura, e são mostrados nas figuras 9 e 10.

Figura 9: Visão dos ganchos de ancoragem, ralos e passagens de tubulação no piso da laje.

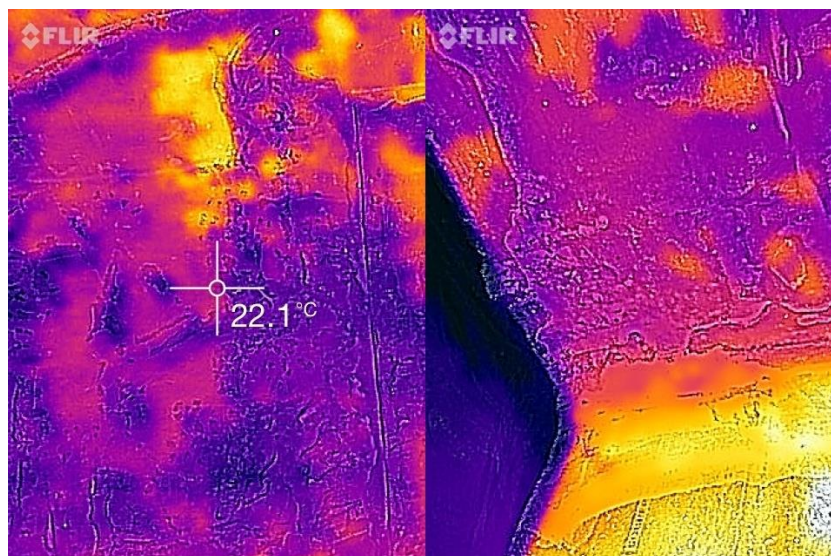


Figura 10: Visão dos ganchos de ancoragem, ralos e passagens de tubulação no piso da laje.



A primeira leitura realizada no local, logo após o término do teste de estanqueidade, mostrando o local com pequenas áreas secas (em amarelo) e em diferentes tonalidades de azul, indicando ainda a presença de água do teste de estanqueidade sobre a manta asfáltica, conforme figura 11.

Figura 11: Presença de água no teste de estanqueidade identificada pelo ensaio termográfico



Porém, a região do rodapé já estava seca e pode-se realizar a leitura, apresentando um possível local de infiltração (I1), conforme figura 12.

Figura 12: Possível infiltração na região da emenda do rodapé (I1)



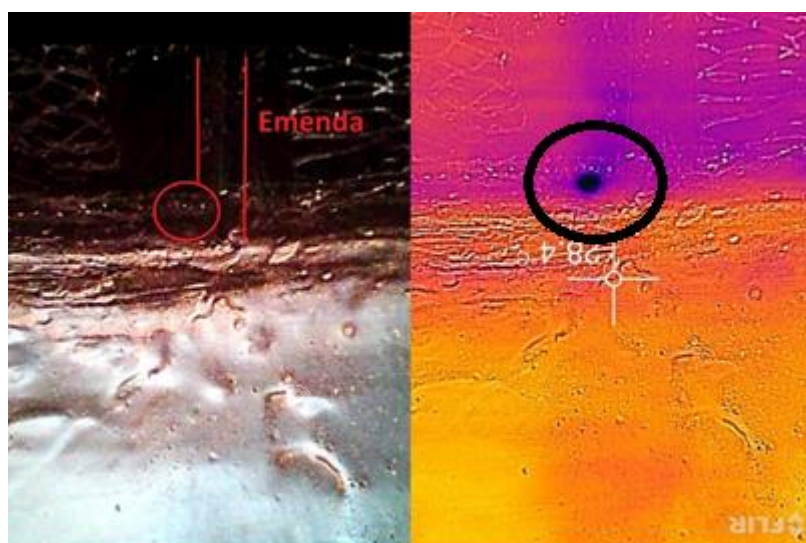
A segunda leitura apresentou alguns locais com presença de água, um deles foi ao ralo, na emenda da manta utilizada para isolar a tubulação, como se tratava apenas de uma vedação para o teste de estanqueidade, não foi considerado como um possível ponto de infiltração, registrado na figura 13.

Figura 13: Pontos com presença de água na sobre manta do ralo.



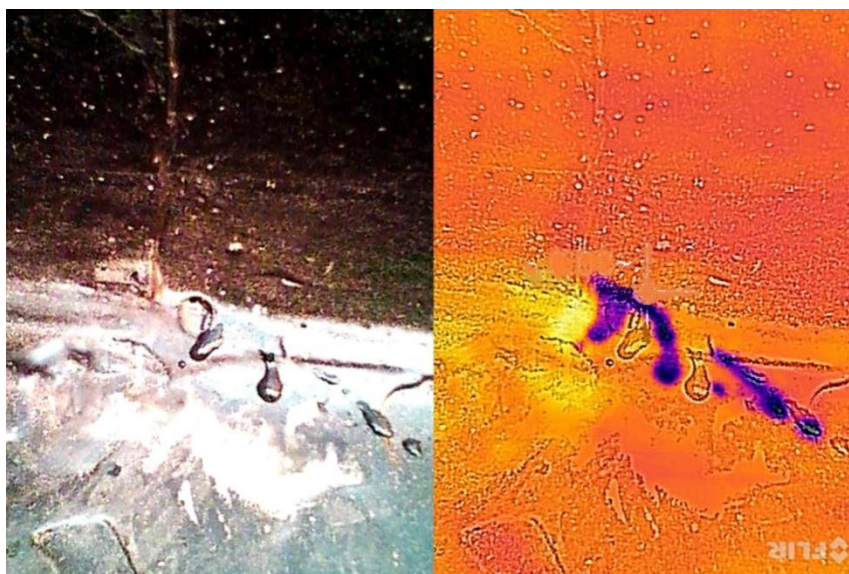
A terceira leitura apontou presença de água em uma das emendas entre as mantas na região do rodapé (I2), conforme figura 14.

Figura 14: Presença de água na emenda do rodapé da manta (I2)



Após a detecção do possível ponto de infiltração na emenda, foi realizada uma pressão no possível ponto de infiltração, expulsando a água que se encontrava na região da emenda do rodapé da manta, conforme figura 15. Indicando que existia uma falha na emenda que poderia resultar em infiltração em longo prazo, devido à pequena dimensão do dano a vazão da água seria pequena.

Figura 15: Presença de água na emenda entre mantas (I2)



A realização da quarta e quinta leitura não apresentou nenhum possível ponto de infiltração. As imagens analisadas nas leituras apresentavam-se na mesma cor amarelada, concluindo que a área estava seca.

4.1.2 Área A-02

O segundo teste foi realizado nos dias 18/03/2017 e 19/03/2017, em uma laje maciça de 12cm de espessura de um deck descoberto de 18m. Os dados coletados nos ensaios seguem na tabela 4.

Tabela 4: Dados coletados do segundo ensaio realizado

Ensaio	Horário	Local Analisado	Ponto de Infiltração	Temp Ambiente (°C)	Temp Manta (°C)
1	12:10	Rodapé	I1- Emenda Piso	23,1	30
			I2-Emenda Rodapé		
2	14:10	Rodapé/Piso	I3- Emenda Rodapé	24	27
			I4- Gancho		
3	16:10	Rodapé/Piso	I2 – Emenda Rodapé	26	29
			I3- Emenda Rodapé		
4	18:10	Rodapé/Piso	I2 – Emenda Rodapé	24	27
			I3 – Emenda Rodapé		
			I5 - Quina		
5	12:00	Rodapé/Piso	-	30	41

A figura 16 apresenta a área 02 submetida ao teste de estanqueidade com lâmina d'água.

Figura 16: Teste de estanqueidade na área nº 2



Os registros fotográficos capturados na primeira leitura, logo após a retirada da água apontaram dois possíveis pontos de infiltração, sendo um no rodapé próximo ao ralo (I1), figura 17, o segundo (I2) em uma emenda entre mantas no piso, figura 18.

Figura 177: Infiltração no rodapé próximo ao ralo (I1)

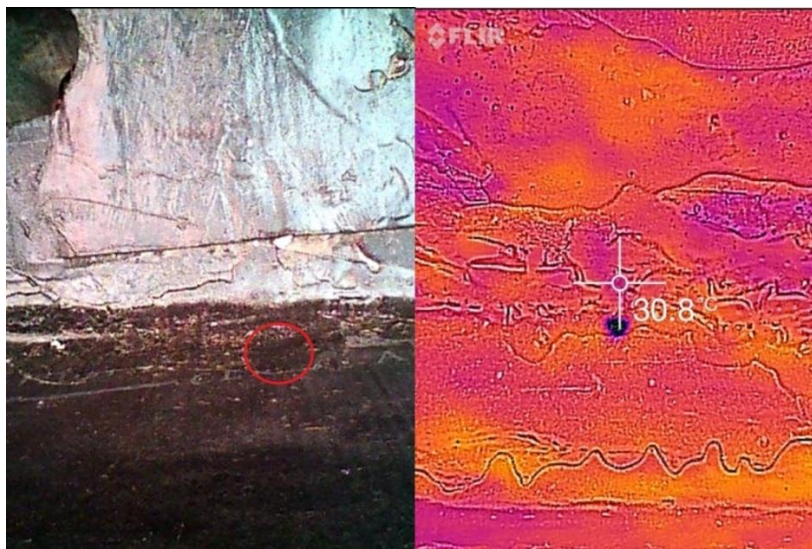


Figura 18: Infiltração no transpasse da emenda entre mantas (I2)



A segunda leitura realizada apontou alguns locais com presença de água, sendo eles o rodapé, que apresentava água acumulada sobre a manta e, por isso não foi apontado como um possível ponto de infiltração, gancho de ancoragem (I4) e emenda de rodapé (I3), respectivamente conforme imagens 19,20 e 21.

Vale destacar que o acúmulo de água sobre a camada impermeabilizante se deve as irregularidades na superfície da manta que acabam retendo água por mais tempo e que podem levar a interpretações inadequadas das imagens termográficas.

Figura 19: Presença de água superficial no rodapé(I3).

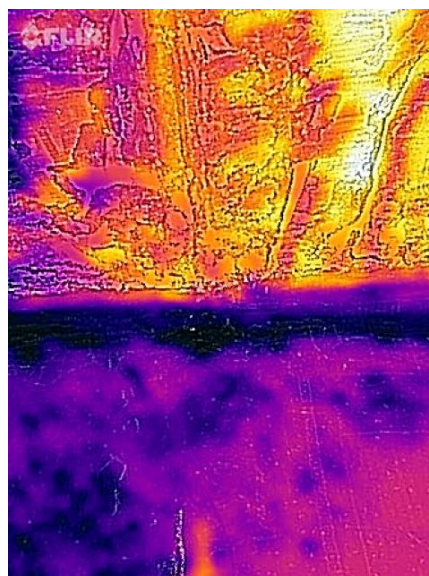


Figura 20: Presença de água no gancho de ancoragem no piso (14)

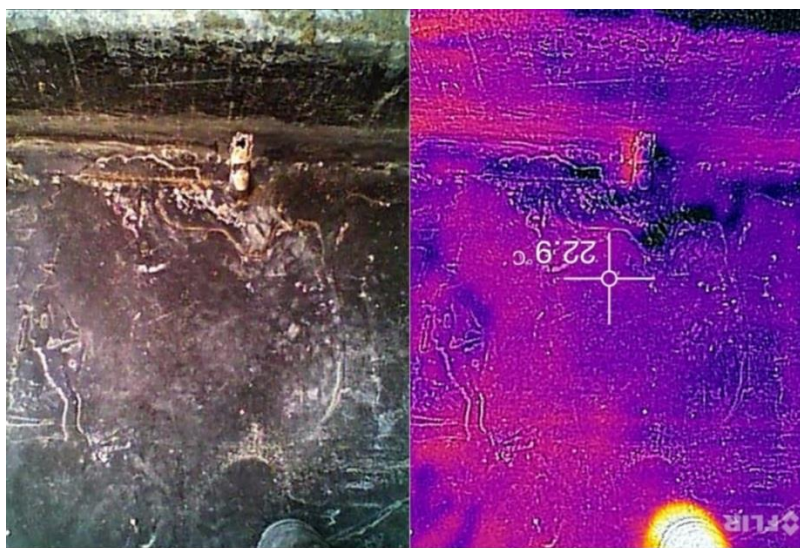
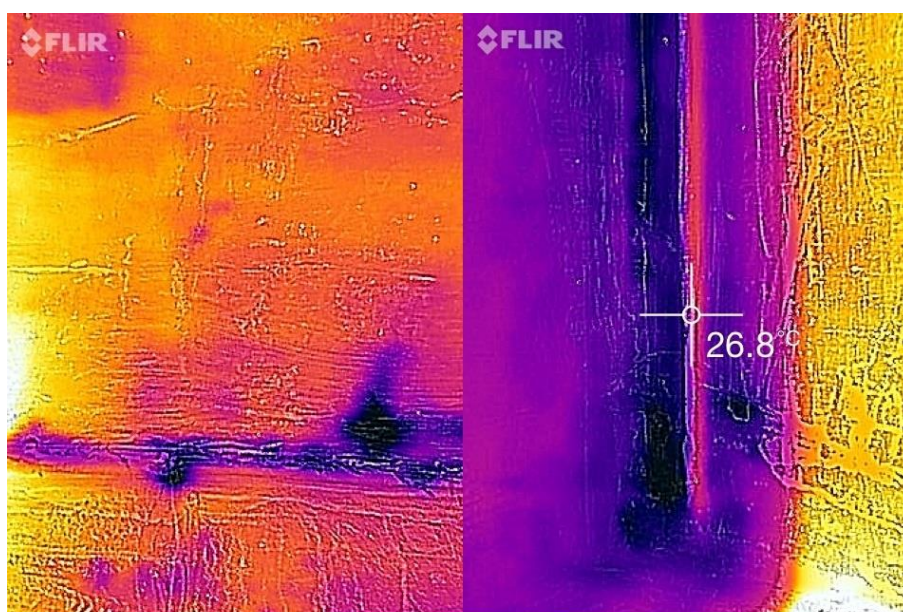
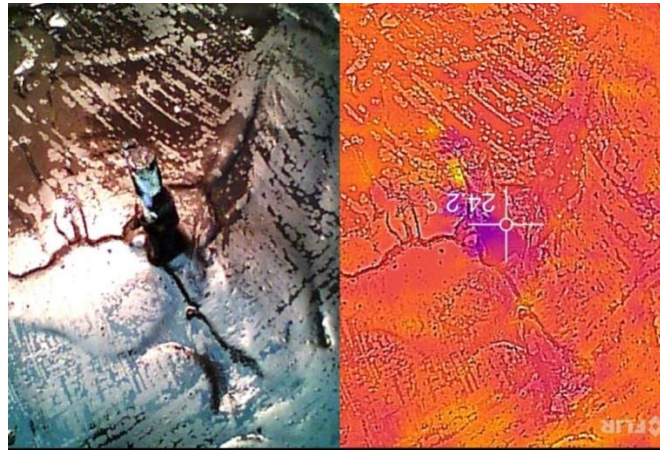


Figura 21: Presença de água na emenda entre mantas do rodapé.



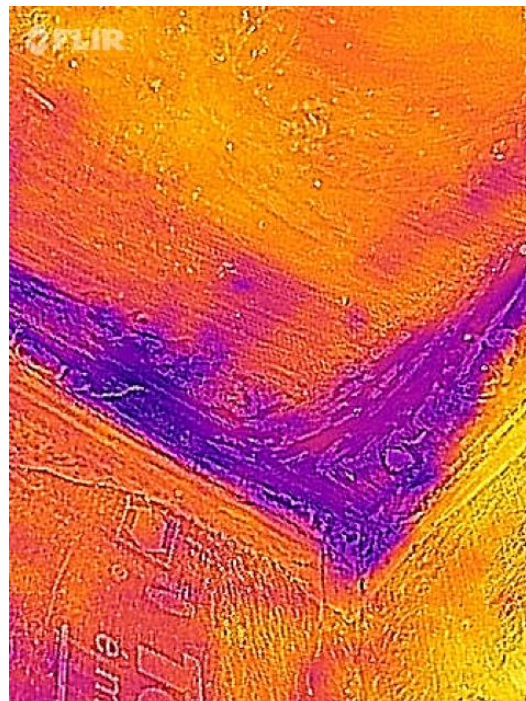
A terceira leitura realizada apontou novamente os pontos detectados no primeiro ensaio, emenda de rodapé (I1) rodapé (I2), o gancho de ancoragem não se apresentou com presença de água, conforme figura 22.

Figura 22: Gancho de ancoragem no piso.



A quarta leitura realizada, apontou novamente os pontos detectados anteriormente (I2) e (I3), e o surgimento de um quinto ponto, sendo ele no encontro de duas paredes (I5), conforme figura 23.

Figura 23: Diferença de temperatura no encontro de duas paredes(I5)



A última leitura (quinta) ocorreu no outro dia, após vinte e quatro horas do término do teste de estanqueidade, não apontou nenhum possível ponto de infiltração, a área se encontrava totalmente seca. Registrando uma emenda apontada anteriormente com possível ponto de infiltração, na mesma temperatura do restante da manta, conforme figura 24. A imagem 25 retrata o gancho de ancoragem e um rasgo causado na manta.

Figura 24: Registro termográfico após 24h do ensaio de estanqueidade

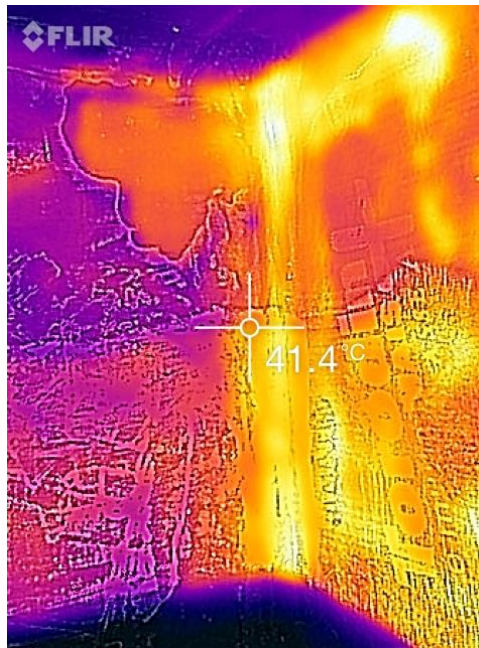


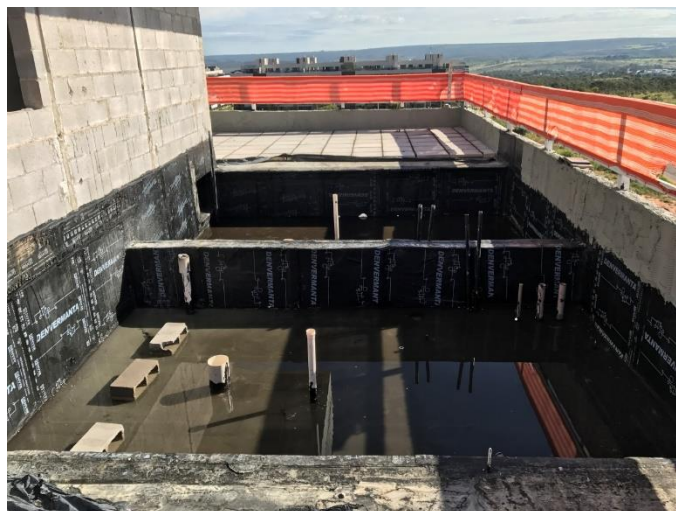
Figura 255: Gancho de ancoragem e possível dano mecânico na manta



4.1.3 Área A-03

O terceiro teste foi realizado nos dias 02/05/2017 e 03/05/2017, em uma área que futuramente será instalado um SPA em uma cobertura privativa, com área de 12 m² e que se encontra sobre laje maciça de 15 cm de espessura. A figura 26 retrata o local sob teste de estanqueidade.

Figura 26: Visão do local do SPA na cobertura privativa



Os dados coletados nesse ensaio foram registrados conforme mostrado na tabela 5.

Tabela 5: Dados coletados do terceiro ensaio

Ensaio	Horário	Local Analisado	Ponto de Infiltração	Temp Ambiente (°C)	Temp Manta (°C)
1	12:00	-	-	24,2	26
2	13:30	Rodapé/Piso	I1-Emenda Rodapé	23,2	25,3
			I2- Emenda Piso		
3	15:30	Rodapé/Piso	I1- Emenda Rodapé	24,2	26,6
			I2-EmendaPiso		
			I3- Emenda Rodapé		
4	17:20	Rodapé/Piso	I3- Emenda Rodapé	22	22,6
5	07:30	Rodapé/Piso	I3- Emenda Rodapé	16,8	18,6

Em vista que a primeira leitura foi realizada imediatamente após o término do teste de estanqueidade e como não foi retirada toda a água do local, não foi possível realizar a leitura. Um registro fotográfico (figura 27) retrata o estado do local nesse primeiro momento.

Figura 27: Visão da Área 03 após o teste de estanqueidade

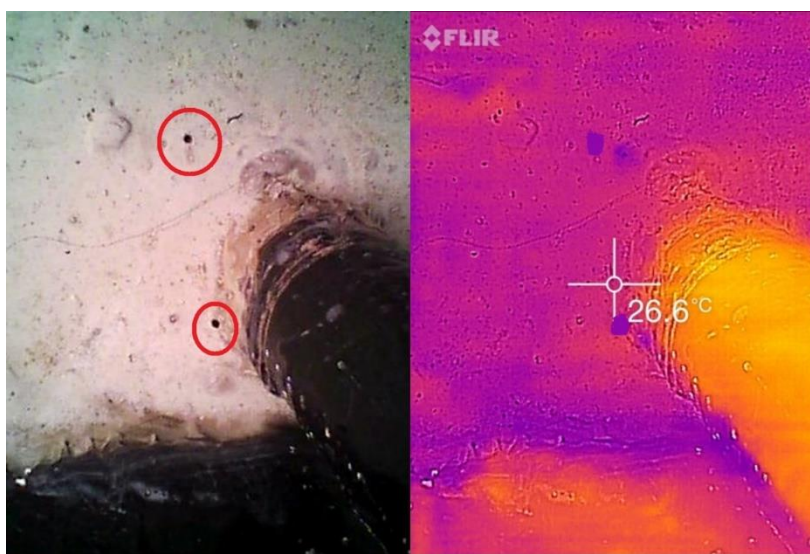


A segunda leitura permitiu analisar o rodapé e parcialmente o piso, encontrando-se possíveis pontos de infiltrações. Sendo eles em uma emenda entre mantas no rodapé (I1), conforme figura 28, e o outro no piso (I2), conforme figura 29.

Figura 28: Possível ponto de infiltração entre mantas (I1)

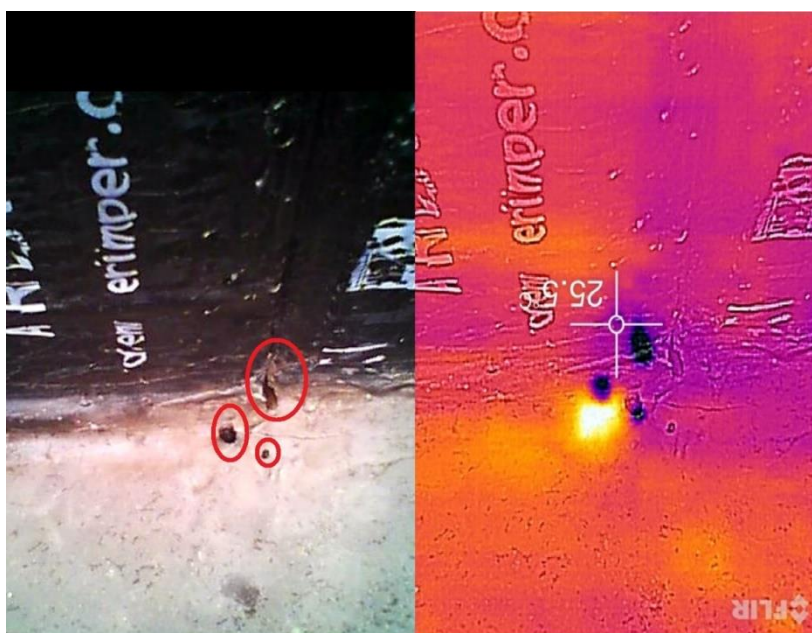


Figura 29: Possível ponto de infiltração no piso do SPA (I2)



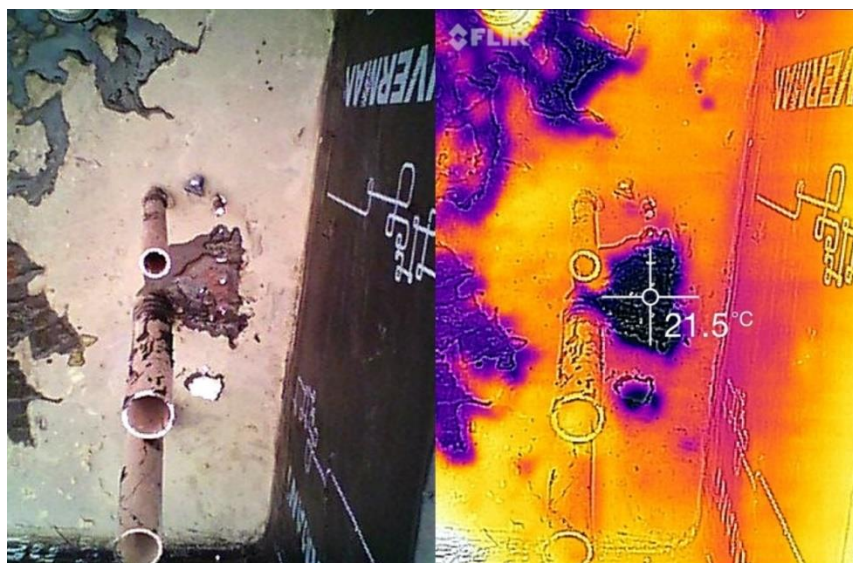
A terceira leitura permitiu ler basicamente os mesmos pontos do segundo ensaio, porém um novo ponto foi encontrado (I3), conforme figura 30.

Figura 30: Infiltração em local danificado (I3)



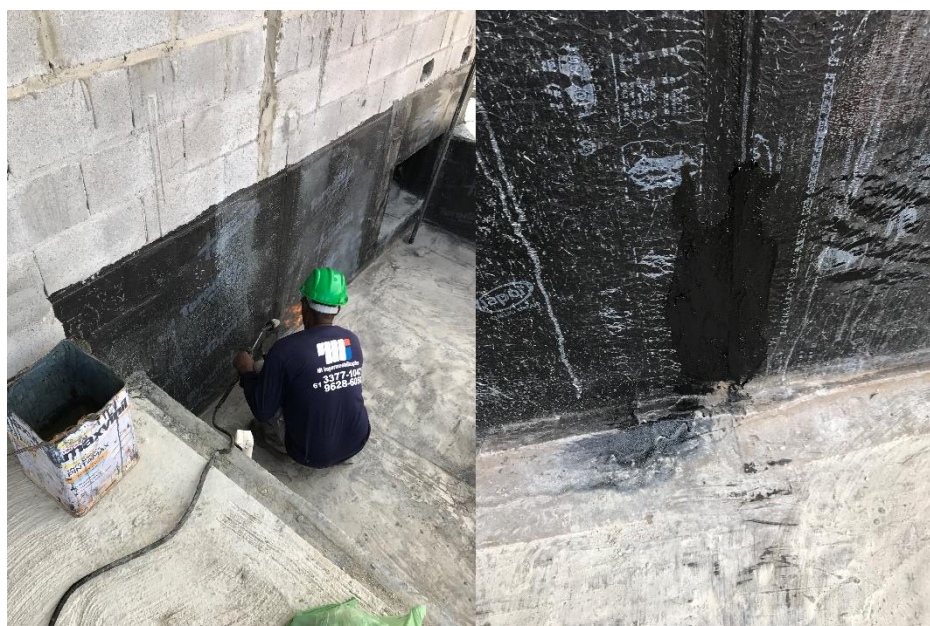
Na quarta leitura realizada, o (I3) encontrado no ensaio anterior ainda se mantinha presente nas leituras feitas com a câmera termográfica. O local ainda apresentava presença de água, conforme figura 31.

Figura 31: Identificação de presença de água através de leitura termográfica



O quinto ensaio ainda foi possível detectar o (I3), o possível ponto de infiltração foi devidamente tratado pela empresa responsável, conforme figura 32.

Figura 32: Tratamento no local de infiltração (I3) do quinto ensaio



4.1.4 Área A-04

O quarto teste foi realizado nos dias 08/05/2017 e 09/05/2017, em uma área que também será um SPA em uma cobertura privativa de 12,5 m² e que se encontra sobre laje maciça de 15 cm de espessura. Os dados coletados nesse ensaio foram registrados conforme mostrado na tabela 6.

Tabela 6: Dados coletados do quarto ensaio realizado

Ensaio	Horário	Local Analisado	Ponto de Infiltração	Temp Ambiente (°C)	Temp Manta (°C)
1	08:00	-	-	22	23,3
2	09:40	Rodapé	I1-Emenda Rodapé	24,3	25,7
3	12:20	Rodapé/Piso	I1-Emenda Rodapé	24,9	39,6
			I2-Emenda Rodapé		
			I3-Emenda Rodapé		
			I4-Emenda Rodapé		
4	14:20	Rodapé/Piso	I2-Emenda Rodapé	25,1	41,7
			I3-Emenda Rodapé		
			I4-Emenda Rodapé		
5	16:00	Rodapé/Piso	I1-Emenda Rodapé	24	21,8
			I2-Emenda Rodapé		
			I3-Emenda Rodapé		
			I4-Emenda Rodapé		
6	08:00	Rodapé/Piso	-	25	26,6

Na área quatro, do segundo empreendimento analisado, em fase de teste de estanqueidade, conforme figura 33.

Figura 33: Realizando o teste de estanqueidade



O primeiro ensaio não foi possível realizar a leitura da área devido ao acúmulo de água, principalmente no ralo e nas imperfeições apresentadas na manta asfáltica, ver figura 34.

Figura 344: Acúmulo de água após o teste de estanqueidade devido a imperfeições na manta e na superfície



O segundo ensaio ainda apresentava acúmulo de água no local, podendo analisar parcialmente o rodapé. Mesmo assim foi possível através da leitura encontrar uma falha na execução da emenda entre mantas no rodapé (I1), conforme figura 35.

Figura 35: Falha de execução na emenda entre mantas (I1)



O terceiro ensaio foi possível apontar através da leitura com a câmera termográfica uma má formação em algumas emendas do rodapé, apontando quatro possíveis pontos de infiltração, as imagens 36 e 37 representam a infiltração de água em dois destes locais (I2) e (I3).

Figura 36: Infiltração de água no rodapé (I2)

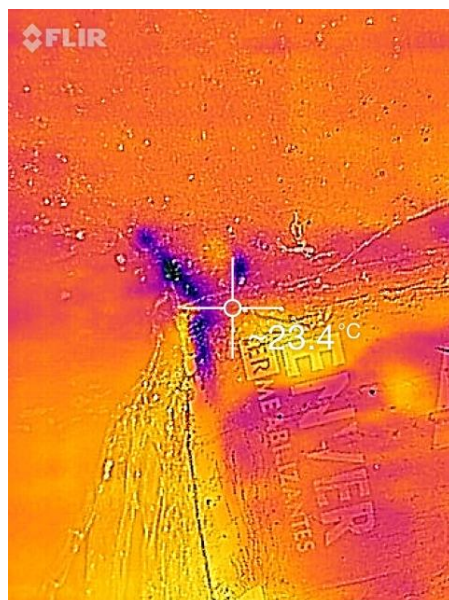
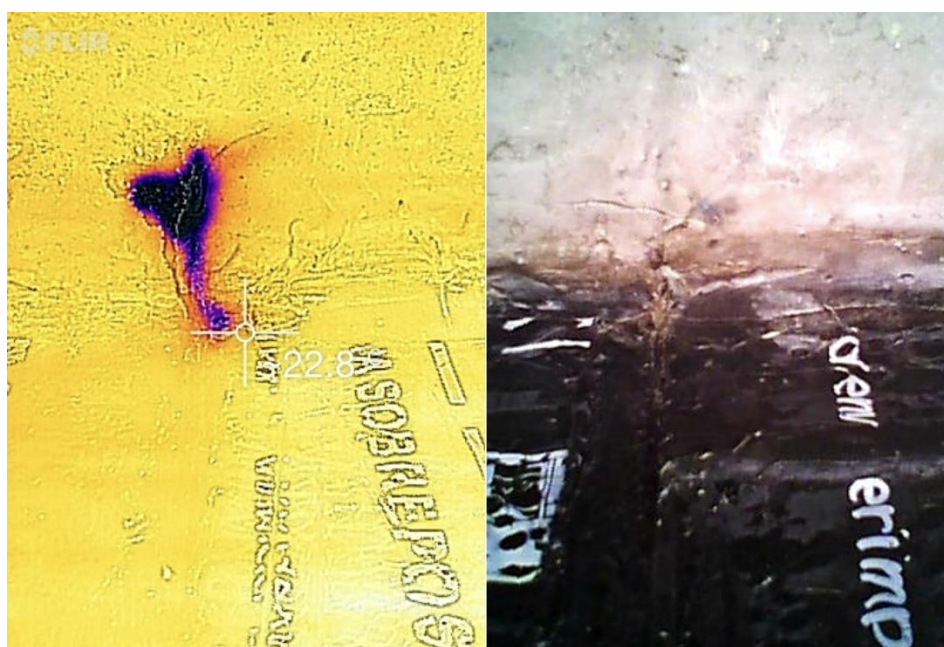


Figura 37: Infiltração de água no rodapé (I3)



O quarto ensaio ainda era possível apontar três dos quatro possíveis pontos de infiltração, encontrados anteriormente. As falhas na execução das emendas ainda podiam ser apontadas (14), conforme figura 38.

Figura 38: Falha de execução na emenda entre mantas (14)



O quinto ensaio voltou a apontar os quatro pontos descobertos anteriormente, porém foram registrados com uma intensidade menor, conforme figuras 39, 40 e 41

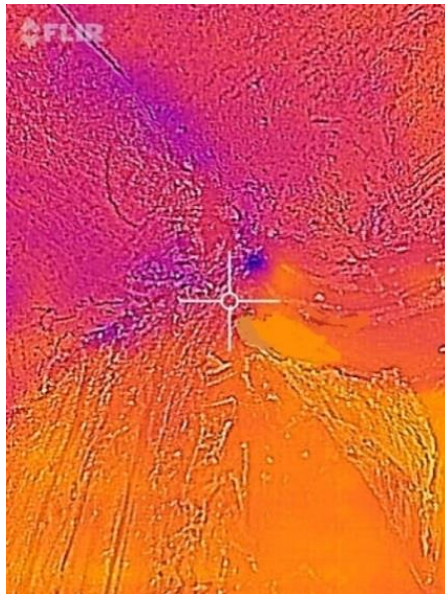
Figura 39: Ponto de infiltração com menor intensidade (12)



Figura 40: Ponto de infiltração com menor intensidade (I3)



Figura 41: Ponto de infiltração com menor intensidade (I1)



O sexto ensaio realizado no dia seguinte não apontou nenhum possível ponto de infiltração. Em vista que os pontos encontrados nos ensaios anteriores eram falhas na execução das emendas, a empresa responsável foi acionada para realizar o serviço novamente, conforme figuras 42, 43 e 44.

Figura 42: Reparo realizado em ponto de acusação de infiltração



Figura 43: Reparo realizado em ponto de acusação de infiltração



Figura 44: Reparo realizado em ponto de acusação de infiltração



4.2 ANÁLISES DAS TEMPERATURAS

Os dados termográficos registrados foram inseridos na análise de resultados através de gráficos, permitindo uma comparação entre a temperatura ambiente e a temperatura na manta asfáltica, porém uma planilha foi criada, para equipará-los e chegar a uma conclusão se existe um melhor horário para realizar os ensaios e se a temperatura ambiente influencia na temperatura da manta, a tabela 7 nos traz os resultados e a diferença de temperatura ambiente e na manta.

Analisando os dados registrados na tabela 7, pode-se perceber que os possíveis pontos de infiltrações apareceram com maior frequência nos ensaios que registram maiores temperaturas e uma diferença de temperatura maior entre a temperatura ambiente e a temperatura da manta asfáltica. Ressaltando que essa diferença de temperatura ocorreu com maior escala no período vespertino, no qual também se pode registrar maior número de pontos, diferentemente do período matutino.

Tabela 7: Dados de todos os ensaios realizados para análise

Área	Ensaio	Horário do Teste h/min	Local Analisado	Quantidade de pontos de Infiltração	Temp Ambiente °C	Temp Manta °C	Temp Manta Úmida °C	$\Delta T^{\circ}C$
A-01	1	07:50	Rodapé	1	22	25		3
	2	10:30	Rodapé/Piso	-	24	29	22,9	5
	3	12:30	Rodapé/Piso	1	26	28	-	2
	4	15:30	Rodapé/Piso	-	25	39	-	14
	5	18:00	Rodapé/Piso	-	22	28	-	6
A-02	1	12:10	Rodapé	2	23,1	30	20,5	6,9
	2	14:10	Rodapé/Piso	2	24	27	22	3
	3	16:10	Rodapé/Piso	2	26	29	26,8	3
	4	18:10	Rodapé/Piso	3	24	27	23,7	3
	5	12:00	Rodapé/Piso	-	30	41	-	11
A-03	1	12:00	-	-	24,2	26	-	1,8
	2	13:30	Rodapé/Piso	2	23,2	25,3	-	2,1
	3	15:30	Rodapé/Piso	3	24,2	26,6	-	2,4
	4	17:20	Rodapé/Piso	1	22	22,6	-	0,6
	5	07:30	Rodapé/Piso	1	16,8	18,6	-	1,8
A-04	1	08:00	-	-	22	23,3	-	1,3
	2	09:40	Rodapé	1	24,3	25,7	20	1,4
	3	12:20	Rodapé/Piso	4	24,9	39,6	23,2	14,7
	4	14:20	Rodapé/Piso	3	25,1	41,7	23,8	16,6
	5	16:00	Rodapé/Piso	4	24	21,8	-	-2,2
	6	08:00	Rodapé/Piso	-	25	26,6	-	1,6

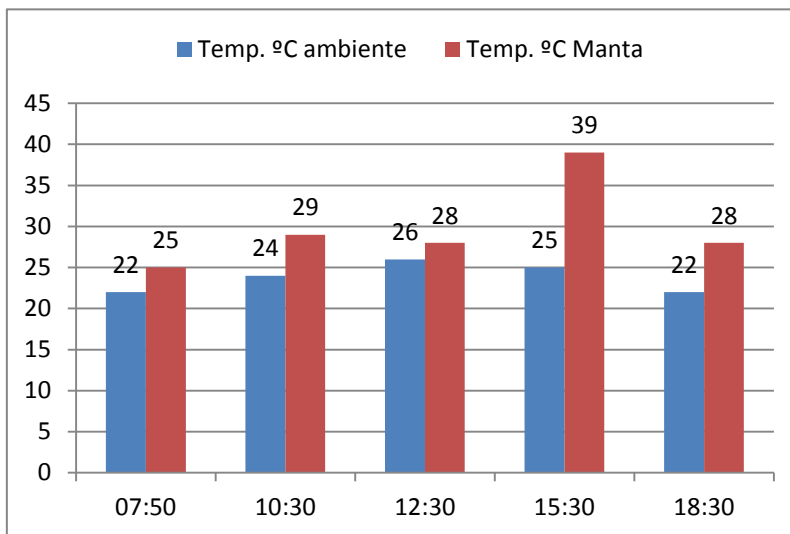
Conforme tabela vista anteriormente, podemos concluir que a temperatura ambiente e o horário realizado para cada ensaio influenciam diretamente na realização das leituras. Em vista que a temperatura da manta asfáltica oscila de acordo com ambos.

Por fim, nota-se que os ensaios realizados imediatamente após o termino do teste de estanqueidade foram praticamente ineficientes, em vista, que quase sempre a área não apresentava local suficientemente seco para realizar uma leitura eficiente.

O horário e a temperatura são determinantes na obtenção das imagens termográficas. Os gráficos a seguir apresentarão os dados de cada área analisada.

4.2.1 Área A-01

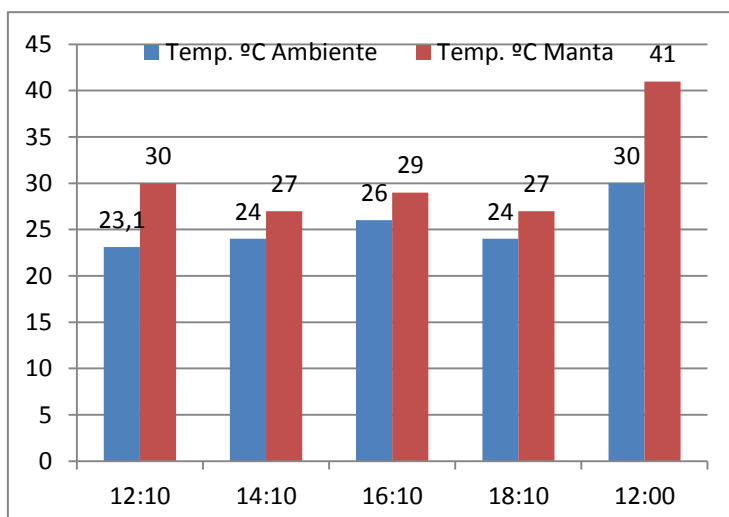
Gráfico 1: Análise de temperatura Área 01



Nota-se que a temperatura ambiente e na manta se mantêm bem similares até certo horário, no período vespertino a manta tendem a aquecer mais devido à incidência solar no local.

4.2.2 Área A-02

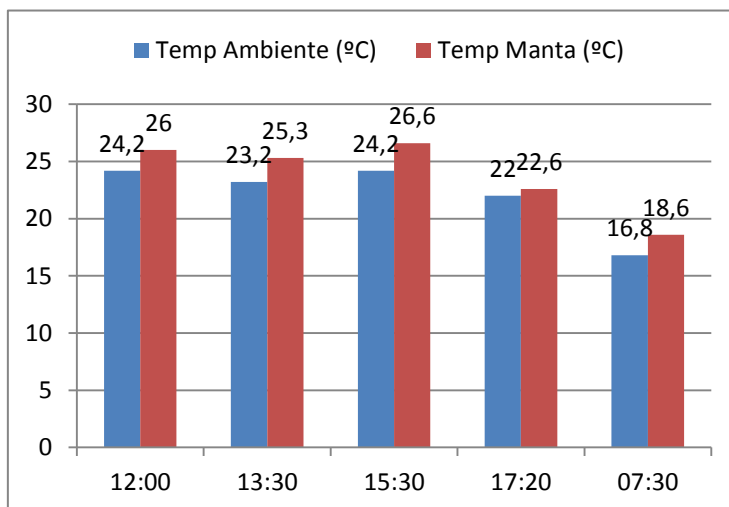
Gráfico 2: análise de temperatura Área 02



Nota-se que a temperatura na manta se mantêm bem similares durante o decorrer do dia, devido à incidência solar no local, porém o horário de maior temperatura na manta foi às 12h, um dia após a retirada da água.

4.2.3 Área A-03

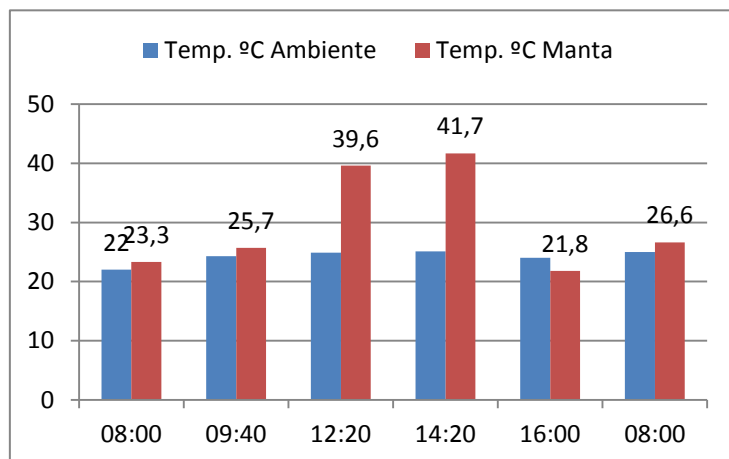
Gráfico 3: análise de temperatura Área 03



Nota-se que a temperatura ambiente e na manta se mantêm bem similares durante o decorrer do dia.

4.2.4 Área A-04

Gráfico 4: análise de temperatura Área 04

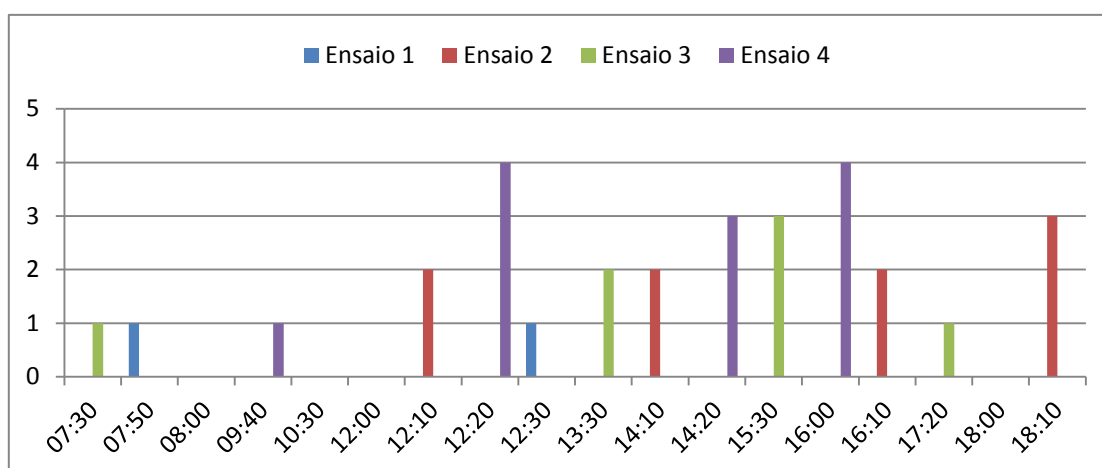


Nota-se que a temperatura ambiente e na manta se mantêm bem similares durante certo período do dia, novamente durante a parte da tarde a manta tornou-se a aquecer mais.

De acordo com as leituras realizadas nos quatro ensaios nota-se que a temperatura da manta costuma ser bem próxima a temperatura ambiente em boa parte do decorrer do dia. Porém na parte da tarde onde ocorreu maior incidência solar a manta apresentou maior temperatura.

De acordo com o gráfico 5, nota-se que a maioria dos pontos foi mapeada no período da tarde, entre as 12h e 18h. Com isso pode-se sugerir a retirada da água no período da manhã e a obtenção das imagens termográficas no início da tarde. Porém, todas essas análises depende diretamente do tempo, clima e se a área recebe incidência solar direta.

Gráfico 5: pontos de infiltração capturados nos ensaios



Através da realização das leituras com a câmera termográfica nas quatro áreas, pode-se concluir que o horário de início do ensaio e a temperatura ambiente influenciam nos resultados. Sendo assim o ideal é realizar o teste de estanqueidade por setenta e duas horas, visando que seu término seja no período da manhã, após sua conclusão retirar a água do local com auxílio de rodo e pano, retirando assim todo resquício de água possível.

Após a retirada do maior volume de água, aguardar no mínimo duas horas e no máximo 6 horas para, então, realizar a termografia. O local deve ser monitorado, até perceber uma secagem significativa que permita realizar uma leitura no rodapé, descartando-se assim a leitura realizada imediatamente após o término do teste de estanqueidade.

Em relação aos horários, eles influenciam nos resultados, em vista que em alguns testes a temperatura da água infiltrada oscilou juntamente com a temperatura da manta, dessa forma não apareceram na câmera termográfica, que registra diferença de temperatura. Os melhores horários apontados para se ter uma leitura mais precisa, são entre as 07h e 08h: 30min da manhã e entre as 16h e 18h da tarde.

Porém, realizar o monitoramento no decorrer do dia de 2h em 2h possivelmente trará um resultado ainda melhor e completo. Algumas leituras apontaram infiltração no primeiro ensaio, já nos posteriores não apontaram o que leva a análise, se a água infiltrada evaporou ou estava na mesma temperatura da manta?

Em alguns ensaios, que houve grandes alterações de temperatura no decorrer das leituras, pode-se afirmar que a água estava na mesma temperatura da manta nas leituras realizadas entre as 09h da manhã e 16h da tarde, em vista que o ponto registrado na primeira leitura não apareceu nessas posteriores, com a queda brusca de temperatura a água infiltrada não conseguiu acompanhar a mudança de temperatura da manta, dessa forma a câmera termográfica registrou diferença de temperatura nos ensaios realizados depois das 16h.

A limpeza da manta e o processo de secagem com auxílio do rodo e pano após a realização do teste de estanqueidade ajudam na realização do ensaio termográfico, tendo por base que o local tende a secar mais rápido e que as impurezas atrapalham a leitura das imagens capturadas, principalmente o isopor e pequenos pedaços de argamassa/concreto, em vista que estes apresentam diferença de temperatura em relação à manta asfáltica.

5. CONCLUSÃO

O trabalho em questão teve por finalidade analisar a utilidade do ensaio termográfico após o teste de estanqueidade em áreas impermeabilizadas, com intuito de trazer uma resposta de imediato, sem causar danos no local e prejuízos para empresa, em vista que se trata de um método não destrutivo.

- A partir dos ensaios realizados conclui-se que o ensaio com a câmera termográfica tem utilidade se associado com o teste de estanqueidade, mostrando, de imediato, possíveis pontos de infiltração, quando houver, em vista que um ponto de infiltração que não foi apontada pelo teste de estanqueidade pode surgir depois de alguns anos como uma infiltração.
- Não foram encontradas infiltrações na laje após o teste de estanqueidade por baixo da laje verificados de forma visual, porém por cima da manta asfáltica foram encontrados possíveis pontos de infiltração com auxílio da câmera termográfica.
- Os locais de entrada de água nos possíveis pontos de infiltração encontrados foram identificados com o auxílio da câmera termográfica.
- Conforme analisado, o horário e o tempo de início do ensaio termográfico após o término do teste de estanqueidade influenciam no resultado. O melhor horário para início é o matutino, após no mínimo duas horas do término do teste de estanqueidade, quando a área analisada não recebe incidência solar diretamente, quando isso ocorrer monitorar a região para dar início assim que o local começar a secar.

Por se tratar de um método não destrutivo e fácil de realizar, o ensaio termográfico pode acompanhar, sem problema algum, o processo executivo de impermeabilização, dessa forma pode se obter informações importantes logo após o teste de estanqueidade.

Conforme relatado nos ensaios realizados, algumas emendas entre mantas foram mal executadas e permitiram à entrada de água, esses pontos poderiam ser futuramente causadores de uma infiltração a qual seria um

grande transtorno para empresa e futuros moradores, além da questão financeira, que nesses casos pode se falar em gastos adicionais não previstos. É válido ressaltar que nenhum desses pontos registrados nos ensaios foi visualmente apontado, desta forma não seriam notados e muito menos corrigidos.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar a análise termográfica em áreas com impermeabilização moldada in loco;
- Realizar o teste de estanqueidade no ralo com o balão;
- Realizar o ensaio com a câmera termográfica em locais impermeabilizados com produtos diferentes da manta asfáltica.
- Realizar o ensaio termográfico em áreas onde não houver incidência solar, como banheiros.
- Realizar o ensaio termográfico durante o teste de estanqueidade sob a laje analisada.

6. REFERÊNCIAS.

- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 9574**: Execução de impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 9575**: Impermeabilização: Seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 9952**: Manta asfáltica. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 15575**: Norma de Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ALVES, Nielsen. Patologias da construção civil, termografia como ensaio não destrutivo, Foz do Iguaçu: Alconpat, 2014.
- DENVER Impermeabilizantes, **Manual Técnico**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.denverimper.com.br/files/downloads/0000001-0000500/90/dfe9aa7e673a8ac5013ed094891188a4.pdf>> . Acesso em: 17 out. 2017.
- FLIR ONE. Especificações técnicas da câmera termográfica Flir One geração dois: **Manual Técnico**. Disponível em: <www.flir.com.br/flirone>. Acesso em: 16 out. 2017
- IBI. Impermeabilização no contexto da NBR 15575. **Norma de Desempenho**: São Paulo: IBI (Instituto Brasileiro de Impermeabilização).
- TAVARES, Cortizo. Ensaio não destrutivo: **Medição de temperatura sem contato**. São Paulo: Entac, 2004.
- SILVA, Arthur. Termografia. **Estudo básico**. 2008. Disponível em: <<https://inspecaoequipamentos.wordpress.com/2008/06/10/termografia-estudo-basico>>. Acesso em: 17 out. 2017.
- SIKA Soluções alfálticas. **Manta asfáltica**: guia rápido. Disponível em: <<https://bra.sika.com/pt/solucoes-produtos/centro-de-downloads/documentacao-tecnicas.html>> . Acesso em: 16 set. 2017.
- MARQUES, Guilherme. Uso termografia para inspeções e manutenção predial. **Estudo de caso**. Brasília: 2014. p 65 (Bacharelado) Centro universitário de Brasília Uniceub.2014 Disponível em: <<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/6416/1/21075822.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2017.
- VIAPOL. Impermeabilizantes. **Mantas asfáltica e emulsão asfáltica**, since 1990. Disponível em: <<http://www.viapol.com.br/profissional/impermeabilizantes>>. Acesso em 17 de out.2017.
- SIENGE. Guia de normas da construção para 2017 PDF disponível em: <www.sienge.com.br/materias-gratuitos>. Acesso em: 17 out.2017.

GOMES, Valtencir. **Sistema de impermeabilização**. Conjunto de produtos e serviços destinados a conferir estanqueidade a partes de uma construção. Disponível em: <[docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/Aula 16 - Impermeabilizacao.pdf](http://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/Aula_16_-_Impermeabilizacao.pdf)>. Acesso 20 out. 2017

ANEXO A

ASFALTOS

DENVER
IMPERMEABILIZANTES

DENVER POLIASFALTO

Asfalto modificado de alta plasticidade

DENVER POLIASFALTO é um asfalto modificado de alta plasticidade, obtido à partir do Cimento Asfáltico de Petróleo – (CAP).

DENVER POLIASFALTO é recomendado para colagem de mantas asfálticas em geral e também para moldagem “in loco” de membranas asfálticas para impermeabilização com estruturantes, aplicadas a quente.

VANTAGENS

- Sólido a temperatura ambiente, fluidifica-se quando aquecido a temperaturas de 120°C a 220°C;
- Ótima capacidade de adesão;
- Elevada plasticidade.

PROPRIEDADES TÍPICAS

ABNT NBR – 9910 Asfalto modificado sem adição de polímeros.

As propriedades apresentadas a seguir foram obtidas em ensaios de laboratório. Valores de ensaios de novos lotes podem apresentar pequenas variações.

ENSAIOS	TIPO II
Composição Básica	Asfalto
Cor	Preto
Ponto de amolecimento	75 a 95°C
Penetração (25°C), 100 g, 5 s, 0,1 mm	20 a 35 dmm
Perda por aquecimento em massa (163°, 5 h) %	Máx. 1%
Penetração do resíduo após perda (% da penet. Original)	Mín. 60%
Solubilidade em tricloroetileno, % em massa	Mín. 99%
Ponto de fulgor °C	Mín. 235°C

INFORMAÇÕES DE COV DO PRODUTO / VOC's PRODUCT INFORMATION

g/l menos água	0,00
Categoria de aplicação	RE 37 - Impermeabilizante
Metodologia	SCAQM rule #1113

EMBALAGEM

Saco de 20 kilos

CONSUMO

ÁREA x CONSUMO	
Kg/m ² /demão	
APLICAÇÃO MANTA ASFÁLTICA	2,5 a 3,5

VALIDADE

24 meses.

Armazenar em local coberto, seco, ventilado e nas embalagens intactas.

LIMPEZA

A limpeza de equipamentos e ferramentas poderá ser efetuada com thinner ou DENVERSOLVENTE 400.

OBSERVAÇÕES

O controle da temperatura é muito importante durante a aplicação, pois a viscosidade e por consequência, o espalhamento do produto influenciam na perfeita colagem da manta asfáltica.

Deve-se trabalhar com o asfalto quente não ultrapassando meio metro de distância do rolo de manta, evitando assim que o asfalto esfrie.

DENVERMANTA

Manta asfáltica elastomérica de alto desempenho

DENVERMANTA é uma manta impermeabilizante de alto desempenho, à base de asfalto modificado com elastômeros e estruturada com armadura de poliéster não tecido composto por filamentos contínuos.

DENVERMANTA - Tipo III C é especialmente recomendada para impermeabilização de lajes maciças, pré-moldadas, nervuradas, steel deck, piscinas elevadas e apoiadas, terraços, calhas, espelhos d'água, tanques, cortinas (aplicação externa), etc. Foi desenvolvida para manuseio e aplicação em regiões de clima quente.

VANTAGENS

- Elevada capacidade de aderência;
- Maior elasticidade;
- Ótima resistência à fadiga;
- Compatibilidade com asfaltos oxidados e elastoméricos, para aplicação a quente;
- A utilização adequada de polímeros elastoméricos adicionados ao asfalto, permite à DENVERMANTA manter por longo período suas características.

PROPRIEDADES TÍPICAS

ABNT NBR 9952 – Manta Asfáltica para Impermeabilização

As propriedades apresentadas a seguir foram obtidas em ensaios de laboratório. Valores de ensaios de novos lotes podem apresentar pequenas variações.

ENSAIO	RESULTADOS
Composição Básica	Asfalto
Cor	Preto
Tração longitudinal	400 N
Tração transversal	400 N
Alongamento longitudinal	30%
Alongamento transversal	30%
Absorção de água	1%
Flexibilidade à baixa temperatura	C 0° C
Resistência ao impacto	4,9 J
Escorrimento	105° C
Estabilidade dimensional	1%
Flexibilidade após envelhecimento acelerado (CUV)	C 10° C
Estanqueidade	15 mca
Resistência ao rasgo	140 N

INFORMAÇÕES DE COV DO PRODUTO / VOC'S PRODUCT INFORMATION

g/l menos água	0,00
Categoria de aplicação	RE 37 - Impermeabilizante
Metodologia	SCAQM rule #1113



EMBALAGEM

Rolos com 1 metro de largura por 10 metros de comprimento, fornecidos em pallets.

Espessura	Rolos por Pallet
3 mm	25 unid.
4 mm	20 unid.

DISPONÍVEL NAS VERSÕES*

ESTRUTURANTE	Tipo III
MASSA ASFÁLTICA	C
ESPESSURA	3 e 4 mm
ACABAMENTO	AA, PP

AA - Areia /Areia

PP - Polietileno / Polietileno

* Comercialização exclusiva região nordeste.

NORMALIZAÇÃO

Atende à NBR 9952

CONSUMO

ÁREA x CONSUMO RL/m ²	
Lajes de cobertura	0,115
Juntas de telhas pré-moldadas	0,115

*Para preparo inicial da área, aplicar uma demão farta de DENVERMANTA PRIMER ACQUA ou IMPERMANTA PRIMER.