XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.9002

Avaliação da espessura de mantas asfálticas para impermeabilização com uso de sistema de medição óptica

Evaluation of the thickness of asphalt waterproofing membranes using an optical measurement system

Jorge Luiz Monteiro Rodrigues
Universidade Federal de Goiás | Goiânia | Brasil | jorge.rodrigues@discente.ufg.br
Patrícia Aparecida Lima Borges
Universidade Federal de Goiás | Goiânia | Brasil patricia.borges@discente.ufg.br
Júlio Modesto Beghelli
SENAI Ítalo Bologna | Goiânia | Brasil | juliomodesto.senai@fieg.com.br
Marcus Vinícius Martins Freitas
SENAI Ítalo Bologna | Goiânia | Brasil | marcusfreitas.senai@fieg.com.br
Andrielli Morais de Oliveira
Universidade Federal de Goiás | Goiânia | Brasil | andriellimorais@ufg.br

Resumo

Problemas em sistemas de impermeabilização nas edificações podem estar relacionados a má qualificação da mão de obra, ausência ou baixa qualidade de projetos, fluxo construtivo inadequado, material inapropriado ou com qualidade insuficiente, fiscalização ou acompanhamento escasso, dentre outros. Essa combinação de fatores compromete a estanqueidade, a salubridade, o desempenho, a durabilidade e o valor das edificações. Desta forma, para mapear fontes de erros em sistemas de impermeabilização, é objetivo do presente artigo avaliar a espessura de mantas asfálticas utilizadas em sistemas de impermeabilização, com uso de um sistema de medição óptica. Foram avaliadas mantas asfálticas de 3,0 mm e 4,0 mm de três fabricantes distintos, num total de 15 corpos de prova avaliados. Os resultados revelaram que nenhuma das tipologias avaliadas atendeu plenamente aos requisitos normativos cumulativos de espessura média global e espessura mínima local. Embora as médias globais tenham variado de 2,867 mm a 3,119 mm para mantas de 3,0 mm e, de 3,805 mm a 3,951 mm para as de 4,0 mm, todas as amostras apresentaram regiões críticas de menor espessura. Conclui-se que mantas asfálticas estudadas não atenderam plenamente aos critérios de espessura nominal da normativa brasileiras. O método óptico sem contato é eficaz por ser rápido e evitar deformações na matriz do asfalto das mantas, comuns nos ensaios mecânicos de contato por micrômetro. Isto consolida a ferramenta de medição como uma alternativa ao método tradicional.

Palavras-chave: Mantas asfálticas. Sistemas de impermeabilização. Estanqueidade. Controle de qualidade. Sistema de medição óptico.

Abstract

Problems with waterproofing systems in buildings may be related to unskilled labor, the absence of or poor-quality designs, inadequate construction processes, inappropriate or substandard materials, and insufficient supervision or monitoring, among other factors. This combination of factors compromises the watertightness, health safety, performance, durability, and value of buildings. Therefore, to identify sources of errors in waterproofing systems, the objective of this article is to evaluate the thickness of asphalt membranes used in waterproofing systems using an optical measurement system. Asphalt membranes measuring 3.0 mm and 4.0 mm from three different manufacturers were evaluated, for a total of 15 test specimens. The results revealed that none of the types evaluated fully met the cumulative regulatory requirements for overall average thickness and minimum local thickness. Although the overall averages ranged from 2.867 mm to 3.119 mm for 3.0 mm sheets and from 3.805 mm to 3.951 mm for 4.0 mm sheets, all samples exhibited critical regions of reduced thickness. It is concluded that the asphalt mats studied did not fully meet the nominal thickness criteria of Brazilian standards. The non-contact optical method is effective because it is fast and avoids deformations in the asphalt matrix of the pavements, which are common in mechanical contact tests using a micrometer. This establishes the measurement tool as an alternative to the traditional method.

Keywords: Asphalt membranes.Waterproofing systems. Watertightness. Optical measurement system.

Como citar:

RODRIGUES, J. L. M., et al. Avaliação da espessura de mantas asfálticas para impermeabilização com uso de sistema de medição óptica In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.9002

INTRODUÇÃO

A impermeabilização representa uma etapa construtiva importante e que impacta diretamente a durabilidade e o desempenho das edificações. Quando executada de forma inadequada ou simplesmente negligenciada, a água e a umidade podem ocasionar uma série de manifestações patológicas, como eflorescências, manchas, corrosão de armaduras do concreto armado, destacamento de revestimentos e proliferação de fungos, afetando tanto a estética quanto a habitabilidade e a segurança das construções [1][2]. Por esse motivo, a estanqueidade passou a ser tratada como requisito fundamental de desempenho, especialmente diante das exigências crescentes por qualidade, durabilidade e redução dos custos de manutenção ao longo da vida útil das edificações [2][3][4].

No entanto, mesmo com o desenvolvimento de materiais mais avançados e normas técnicas mais exigentes, os problemas relacionados à impermeabilização ainda são recorrentes na construção civil brasileira. Estudos indicam que as causas mais comuns envolvem ausência de projeto específico, incompatibilização entre sistemas construtivos, erros de execução e escolha inadequada de materiais [5].

Entre os materiais mais utilizados em sistemas de impermeabilização a nível nacional, as mantas asfálticas são muito empregadas [1][5]. Suas diferentes composições, espessuras e acabamentos ampliam ainda mais as possibilidades de aplicação desse material. No entanto, essa variedade também é fonte de propriedades diferentes das mantas asfálticas [6][7]. Desta forma, é importante o controle de qualidade das mantas asfálticas como condição fundamental para o desempenho dos sistemas de impermeabilização.

Neste sentido, o presente trabalho objetiva a avaliação da espessura de mantas asfálticas, utilizadas em sistemas de impermeabilização, com uso de sistema de medição óptica. As mantas foram produzidas por três diferentes fabricantes. Os resultados podem ajudar no controle de qualidade de propriedades de mantas asfálticas e subsidiar projetistas, gestores e equipes de obras na aquisição de materiais de construção civil.

RELEVÂNCIA DO ARTIGO

Este artigo contribui para o campo tecnológico ao validar, dentro das condições da pesquisa, o controle de qualidade e a confiabilidade dos fabricantes e dos produtos aplicados em sistemas de impermeabilização.

O trabalho também tem aportes de valor metrológico para o campo da construção civil e da engenharia de materiais, ao indicar a substituição de ensaios dimensionais normativos por contato mecânico (micrômetros ou relógios comparadores) por sistema de medição óptica com coordenadas tridimensionais sem contato.

Sob a perspectiva prática da construção civil, os resultados obtidos fornecem subsídios para reduzir o grau de incerteza técnica na especificação e aquisição de materiais por parte de construtoras, projetistas de impermeabilização e equipes de obras. Ao

mesmo tempo em que apresenta a variabilidade dimensional entre diferentes fabricantes de mantas asfálticas, atuantes no mercado brasileiro.

MÉTODO

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo experimental comparativo de caráter aplicado. O experimento foi estruturado para avaliar e comparar a espessura de mantas asfálticas para impermeabilização, disponíveis no mercado nacional, com espessuras nominais de 3,0 mm e 4,0 m. Para tanto, utilizou-se um método de medição óptica por coordenadas tridimensionais, confrontando os resultados experimentais com os limites de tolerância e requisitos de desvio dimensional estabelecidos pela norma [7]. Este método avança por ser um sistema de leitura óptico, sem contato com a amostra e com maior número de leituras na mesma amostra, propiciando automatização, rapidez, maior confiabilidade nas leituras e a possibilidade de visualizar eventuais pequenos defeitos na espessura do material.

AMOSTRAGEM E SELEÇÃO DOS FABRICANTES

A pesquisa contemplou mantas asfálticas comercializadas por três diferentes fabricantes atuantes no mercado brasileiro, identificados de forma codificada como fabricante A, fabricante B e fabricante C. A seleção dos fabricantes marcas baseou-se em critérios de representatividade comercial no mercado da construção civil nacional, bem como na facilidade de aquisição das amostras.

A identificação das amostras segue o padrão A-X-Y. Em que, “X” trata-se da identificação do Fabricante (A, B ou C) e “Y” da identificação da espessura nominal (3,0 ou 4,0 mm).

A partir disso, A Tabela 1 apresenta a identificação das amostras utilizadas no trabalho.

Tabela 1: Identificação das amostras utilizadas no presente estudo.

Identificação do Fabricante	Identificação da Amostra	Espessura Nominal (mm)
A	A-3	3,0
A	A-4	4,0
B	B-3	3,0
B	B-4	4,0
C	C-4	4,0

Fonte: Os autores.

Para cada uma das cinco tipologias de mantas avaliadas, foram preparados e testados três corpos de prova individuais, totalizando 15 corpos de prova analisados no programa experimental. Para o fabricante C, apenas esteve disponível mantas com espessura de 4,0 mm.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.9002

PREPARO DAS AMOSTRAS

Os corpos de prova foram cortados em dimensões de 100 mm de largura por 100 mm de comprimento, conforme orientação normativa [7]. O corte das amostras foi realizado utilizando-se estilete, régua e esquadro metálicos.

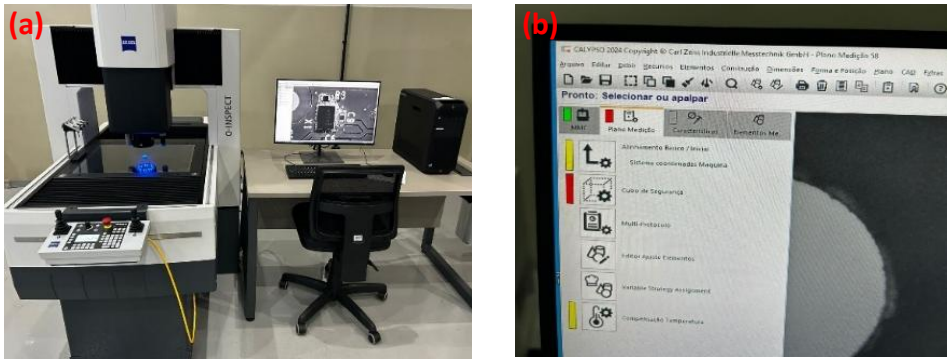
Antes das medições, as amostras foram limpas com pano seco e mantidas em repouso na posição horizontal, em ambiente climatizado sob temperatura e umidades controladas (23 ± 2°C e 50 ± 5)%.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO ÓPTICA

A determinação da espessura das mantas asfálticas com acabamento superficial liso em ambas as faces foi realizada de forma automatizada por meio de um sistema de medição óptica, em substituição ao procedimento convencional por contato mecânico com micrômetro ou relógio comparador.

O sistema de medição utilizado é composto pelo equipamento de medição óptica por coordenadas multisensor *O-Inspect Zeiss* (Figura 1a). Este equipamento realiza leituras ópticas de alta definição por meio de tecnologia multisensor e sistema avançado de iluminação controlada e possui resolução de escala de 1,9 µm [8]. Também faz parte do sistema, o *software* de controle *Calipso 2024 Zeiss* (Figura 1b), utilizado para a automação do trajeto de medição, captura de coordenadas tridimensionais e processamento primário dos dados de espessura [9].

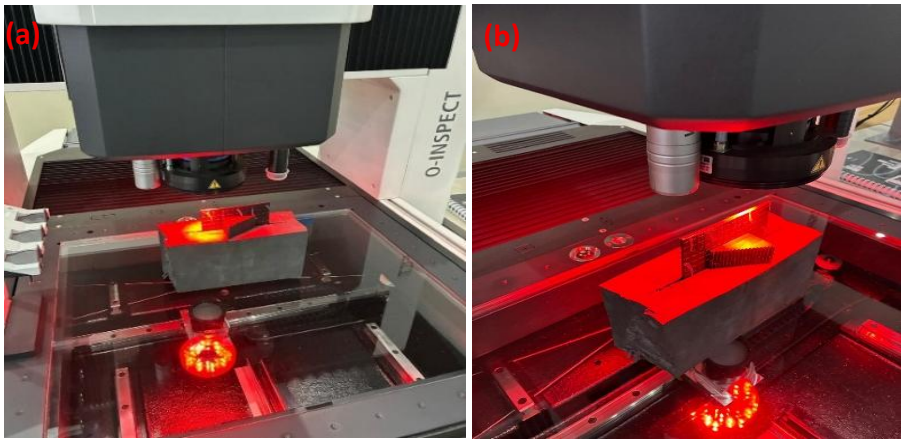
Figura 1: Equipamento para medição das mantas: (a) *O-Inspect Zeiss e* (b) interface *software Calipso 2024 Zeiss*.



Fonte: Os autores.

O procedimento de medição (Figura 2) consistiu no posicionamento perpendicular de cada amostra sobre a mesa de vidro do equipamento. Com auxílio de suporte e cunhas para garantir a perpendicularidade. Em cada amostra foram realizadas ao menos cinco leituras individuais de espessura, distribuídas de forma homogênea ao longo de uma das bordas do corpo de prova.

Figura 2: Procedimento representativo de medição adotado para as amostras estudadas: (a) vista frontal do equipamento e amostra de manta asfáltica e (b) detalhe da medição.



Fonte: Os autores.

ANÁLISE DOS DADOS

Os dados de espessura obtidos pelo sistema óptico foram tabulados e analisados por meio de estatística descritiva de modo a verificar a conformidade dos produtos com os requisitos normativos. As análises consideraram o agrupamento de todas as medições pontuais individuais ao longo dos três corpos de prova de cada tipologia de manta e fabricante.

A partir desse conjunto de dados, foram determinadas as medidas de tendência central e os valores extremos de cada amostra, especificamente a média da espessura (mm), a espessura mínima individual (mm) e a espessura máxima individual (mm). Esses parâmetros servem de base para verificar a conformidade do material frente aos requisitos de [7], que exige espessura média global igual ou superior à nominal e veda qualquer ponto isolado com leitura inferior a 93% da espessura nominal.

Para quantificar variação e a homogeneidade da espessura das mantas, calculou-se o desvio padrão (mm) e o coeficiente de variação (%) sobre o total de leituras agrupadas de cada amostra. O desvio padrão expressa a dispersão absoluta das leituras em milímetros, enquanto o coeficiente de variação, relação percentual entre desvio padrão e média aritmética, atua como indicador adimensional de uniformidade da espessura do material.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na determinação da espessura das mantas asfálticas por meio do sistema óptico *Zeiss O-Inspect* são apresentados na tabela 1. A tabela apresenta ainda as variáveis estatísticas de média da espessura (mm), desvio padrão (mm) e coeficiente de variação (%), bem como o *status* de conformidade de cada amostra.

Tabela 1: Resultados da espessura real das mantas asfálticas e comparação normativa.

Amostra	Espessura Média (mm)	Espessura Mínima (mm)	Espessura Máxima (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coeficiente de Variação (%)	Critério 1 (Média ≥ Nominal)	Critério 2 (Mínimo ≥ 93% Nominal)
A-3	3,119	2,710	3,377	0,161	5,148	Conforme	Não Conforme (mín. < 2,790 mm)
A-4	3,805	3,498	4,506	0,267	7,027	Não Conforme (média < 4,000 mm)	Não Conforme (mín. < 3,720 mm)
B-3	2,867	2,702	3,138	0,133	4,651	Não Conforme (média < 3,000 mm)	Não Conforme (mín. < 2,790 mm)
B-4	3,944	3,616	4,294	0,188	4,757	Não Conforme (média < 4,000 mm)	Não Conforme (mín. < 3,720 mm)
C-4	3,951	3,698	4,606	0,333	8,434	Não Conforme (média < 4,000 mm)	Não Conforme (mín. < 3,720 mm)

Fonte: Os autores.

A partir da avaliação integrada dos dois critérios normativos identificou-se que nenhuma das cinco tipologias de mantas asfálticas avaliadas atende simultaneamente os requisitos mínimos de espessura.

MANTAS DE ESPESSURA NOMINAL 3,0 MM

A amostra A-3 foi a única tipologia que atendeu ao critério da média, registrando uma espessura média de 3,119 mm, superior ao valor nominal de 3,0 mm. Entretanto, no critério do limite mínimo, esta amostra é reprovada por apresentar regiões críticas de menor espessura, com apenas 2,710 mm. Essa dimensão local não atende ao limite de 93% da espessura nominal (2,790 mm).

A amostra B-3 apresentou não conformidade nos dois critérios. Sua espessura média de 2,867 mm é inferior ao valor nominal exigido de 3,0 mm, infringindo o critério 1. Além disso, seu ponto de menor espessura atingiu a marca de 2,702 mm, inferior ao limite de 2,790 mm, configurando um ponto de vulnerabilidade mecânica.

MANTAS DE ESPESSURA NOMINAL 4,0 MM

Nenhum dos três fabricantes das mantas de 4,0 mm de espessura nominal atenderam as condições normativas combinadas.

Todas as amostras de 4,0 mm apresentaram espessuras médias globais inferiores ao valor nominal: 3,805 mm para o fabricante A, 3,944 mm para o fabricante B e 3,951

mm para o fabricante C. Sob a ótica de [7], o fornecimento de materiais com média de espessura real abaixo da nominal é considerado uma não conformidade.

A análise dos pontos individuais indicou que a amostra A-4, apesar de possuir um desvio padrão de 0,267 mm, apresentou um ponto de leitura mínimo de apenas 3,498 mm. Isso representa uma espessura localizada de 13% em relação ao valor nominal, situando-se abaixo do limite aceitável que é de 3,720 mm.

Os fabricantes B (mantas B-4 com valor mínimo de 3,616 mm) e C (C-4 com valor mínimo de 3,698 mm) também registraram pontos críticos de menor espessura, que são pontos vulneráveis a integridade dimensional homogênea de toda a extensão da manta asfáltica (rolo de manta asfáltica).

ANÁLISE METROLÓGICA DA VARIAÇÃO

O coeficiente de variação obtido pela análise de leituras agrupadas indica a variabilidade nos processos fabris de calandragem e deposição de asfalto.

A amostra C-4 registrou o maior coeficiente de variação (8,434%) entre os fabricantes de manta de 4,0 mm (desvio padrão de 0,333 mm). Essa maior variação sugere uma falha de controle na uniformização da espessura do asfalto sobre o estruturante.

Embora a amostra A-4 apresente variabilidade ligeiramente inferior, comparada aos fabricantes B e C, ela também demonstrou variabilidade que pode comprometer a estanqueidade quando aplicada em sistemas de impermeabilização (coeficiente de variação de 7,027% e desvio padrão de 0,267 mm).

O fabricante B apresentou menor dispersão em termos de variação dimensional (coeficiente de variação de 4,651% para 3,0 mm e 4,757% para 4,0 mm). Isto indica maior controle de calandragem, embora ainda falhe ao apresentar valores abaixo da espessura nominal normativa [7].

Os resultados obtidos oferecem luz às implicações práticas para a estanqueidade, durabilidade e desempenho de sistemas de impermeabilização das edificações. As mantas, ao apresentarem pontos de menor espessura (como os 3,498 mm registrados em A-4 ou os 2,702 mm em B-3), não atendem a propriedade física de espessura solicitada em projeto e podem representar fragilidades pontuais ao sistema de impermeabilização em serviço. Sob à ação de movimentações térmicas do substrato e mantas asfálticas aderidas a ele, fissuras de movimentação térmica e deformações estruturais em serviço, essas regiões de menor espessura podem ser pontos vulneráveis de perda de estanqueidade.

- Em geral, as variações encontradas do desvio padrão (menores que 10%) comparada com outras medições tem valores baixos. o sistema de medição óptica tridimensional sem contato adotado é uma ótima alternativa ao método tradicional normativo brasileiro;
- a ferramenta utilizada com alta resolução metrológica para o controle de qualidade na construção civil mostrou-se eficaz, rápida e confiável. Contudo, sua indisponibilidade em vários laboratórios é uma desvantagem;

- O sistema de medição óptica por operar sem contato mecânico, preserva a matriz do asfalto, eliminando as deformações locais que podem ocorrer sob a pressão do disco de micrômetros tradicionais, garantindo leituras reais do perfil dimensional do material. Além disso, este método reduz a variabilidade inerente ao manuseio dos instrumentos analógicos, garantindo maior repetitividade e reprodutibilidade metodológica;
- as medições realizadas e a aplicação integrada dos critérios de aceitação dimensional estabelecidas por norma brasileira revelou que nenhuma das cinco tipologias dos três diferentes fabricantes de mantas asfálticas avaliadas atendeu plenamente aos critérios de conformidade.
- como limitações da pesquisa, aponta-se o número reduzido de fabricantes, tamanho de amostragem e número de corpos e
- como desenvolvimentos de futuros trabalhos’1, torna-se fundamental a consolidação de ensaios complementares para avaliar outras propriedades mecânicas e de durabilidade do material, tais como resistência à tração e envelhecimento acelerado, os quais já estão em andamento.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que:

- o sistema de medição óptica tridimensional sem contato adotado é uma ótima alternativa ao método tradicional normativo brasileiro;
- a ferramenta utilizada com alta resolução metrológica para o controle de qualidade na construção civil mostrou-se eficaz, rápida e confiável. Contudo, sua indisponibilidade em vários laboratórios é uma desvantagem;
- o sistema de medição óptica por operar sem contato mecânico, preserva a matriz do asfalto, eliminando as deformações locais que podem ocorrer sob a pressão do disco de micrômetros tradicionais, garantindo leituras reais do perfil dimensional do material. Além disso, este método reduz a variabilidade inerente ao manuseio dos instrumentos analógicos, garantindo maior repetitividade e reprodutibilidade metodológica;
- as medições realizadas e a aplicação integrada dos critérios de aceitação dimensional estabelecidas por norma brasileira revelou que nenhuma das cinco tipologias dos três diferentes fabricantes de mantas asfálticas avaliadas atendeu plenamente aos critérios de conformidade;
- as médias globais de espessura nominal variam de 2,867 mm a 3,119 mm para mantas asfálticas de 3,0 mm e, de 3,805 mm a 3,951 mm para as de 4,0 mm;
- todas as amostras testadas de mantas asfálticas apresentaram regiões críticas de menor espessura, com valores mínimos individuais críticos de até 2,702 mm (nominal 3,0 mm) e 3,498 mm (nominal 4,0 mm);
- como limitações da pesquisa, aponta-se o número reduzido de fabricantes, tamanho de amostragem e número de corpos e
- como desenvolvimentos de futuros trabalhos, torna-se fundamental a consolidação de ensaios complementares para avaliar outras propriedades

mecânicas e de durabilidade do material, tais como resistência à tração e envelhecimento acelerado, os quais já estão em andamento.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG).

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram inteligência artificial – IA, nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] FIGUEREDO, V. S.; RINALDI, V. S.; ABI-ACKEL, E. Impermeabilização com manta asfáltica de uma laje plana de cobertura. **Revista Construindo**, Belo Horizonte, v. 9, ed., p. 62-72, jul./dez. 2017.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: edificações habitacionais: desempenho - parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9574**: impermeabilização: execução. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575**: impermeabilização: seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

[5] RIBEIRO, M. J. S.; PINTO, R. R.; OLIVEIRA, A. M.; BRANDSTETTER, M. C. G. Manifestações patológicas em sistemas de impermeabilização: estudo de casos em Goiânia/GO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 16., 2021, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Impermeabilização, 2021.

[6] GRIPPA, J. M.; OLIVEIRA, A. M.; MACHADO, V. O. Estudo da influência das classes de mantas asfálticas na performance do produto ao longo do tempo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 15., 2018, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Impermeabilização, 2018.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9952:2024**: Manta asfáltica para impermeabilização. Rio de Janeiro, 2024.

[8] ZEISS. **ZEISS O-INSPECT**: A solução óptica com o toque certo. 2026. Disponível em: https://www.zeiss.com.br/metrologia/sistemas/cmms/vmms/o-inspecao.html. Acesso em: 30 abr. 2026.

[9] ZEISS. **ZEISS CALYPSO**: O caminho direto para resultados significativos. 2026. Disponível em: https://www.zeiss.com/metrology/en/software/zeiss-calypso.html. Acesso em: 30 abr. 2026.