

CONTRIBUIÇÃO PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ECONÔMICO DE SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO APLICADOS EM LAJES DE GARAGEM

**Betina G. Fernandes¹, João P. de C. Alzuguir¹, Matheus C. Zani² e Milton P. da
Costa Jr^{3*}**

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 29.075-910, ES, Brasil

²Faculdades Integradas São Pedro, Vitória, 29.053-360, ES, Brasil

*³Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Civil, Vitória, 29.075-910, ES,
Brasil*

Palavras-chave: Impermeabilização, Manta Asfáltica, Poliuretano.

Resumo. O sistema de impermeabilização mais utilizado na construção civil do Brasil é a manta asfáltica, entretanto, há produtos muito utilizados fora do país que estão aos poucos emergindo no mercado brasileiro, como as membranas acrílicas de poliuretano e poliureia. O objetivo desta pesquisa é realizar uma análise de dois sistemas de impermeabilização - poliuretano e manta asfáltica - levando-se em conta os parâmetros: materiais, mão de obra, equipamentos, tempo de execução, procedimento de aplicação e controle de qualidade. Trata-se de uma pesquisa de caráter descritivo, sendo realizado um estudo de caso por meio de inspeção, entrevistas, análise de documentos. O estudo ainda apresenta um levantamento de custos referente aos elementos envolvidos em cada técnica e uma análise da execução dos processos, efetuando-se, por fim, a comparação entre eles. Verificou-se nos sistemas investigados um maior cuidado na execução do sistema em poliuretano, que utilizou um projeto de impermeabilização e treinamento da mão de obra. Além disso, os componentes do sistema em poliuretano apresentaram um custo individual superior àqueles vistos no caso da manta, a avaliação do processo como um todo mostrou uma vantagem econômica ao se utilizar o sistema em poliuretano.

*Endereço de e-mail: milton.paulino@gmail.com

CONTRIBUTION TO EVALUATE THE ECONOMIC PERFORMANCE OF WATERPROOFING SYSTEMS APPLIED IN GARAGE SLABS

Keywords: Waterproofing, Asphalt Blanket, Polyurethane.

Abstract. The most used waterproofing system in civil construction in Brazil is the asphalt blanket, however, there are products widely used outside the country that are gradually emerging in the Brazilian market, such as acrylic polyurethane and polyurea membranes. The objective of this research is to carry out an analysis of two waterproofing systems polyurethane and asphalt blanket regarding the parameters: materials, labor, equipment, execution time, application procedure and quality control. This is descriptive research, with study by measurement, inspection, interviews, and document analysis. The study also presented a cost estimation related to the elements involved in each technique and an analysis of the execution of the processes, doing the comparison between them. It was verified in the investigated systems a greater care in the execution of the polyurethane system, which used a waterproofing project and training labor. It was found that, despite its components having an individual cost higher than those seen in the case of the asphalt blanket, the evaluation of the process showed an economic advantage when using the polyurethane system.

1 INTRODUÇÃO

A deterioração de estruturas de concreto em lajes e garagens durante o uso têm se tornado um problema na construção civil, despertando o interesse devido ao aumento contínuo dos custos em reparos e manutenções [12]. Diversos fatores estão diretamente relacionados com a deterioração destes locais, como a percolação da água e o gradiente térmico, que podem gerar fissuras [13, 14].

Para garantir a durabilidade dessas estruturas se faz necessária uma série de medidas, destacando-se um projeto de impermeabilização eficaz e eficiente, que detalhe o material a ser utilizado, como também a forma de aplicação, a qual tem por objetivo garantir que exigências de segurança, de aptidão ao uso e de conservação sejam satisfeitas, atendendo aos requisitos e critérios estabelecidos na ABNT NBR 15575:2013 [1], a qual garante o desempenho mínimo ao longo da vida útil determinada [5, 7].

Dentro deste contexto, Cichinelli [4] destaca que o sistema de impermeabilização tradicionalmente usado na construção civil no Brasil é a manta asfáltica, contudo há produtos demasiadamente já consumidos fora do país que estão emergindo gradualmente no mercado brasileiro, como no caso as membranas acrílicas de poliuretano e poliureia. Sendo que, estes revestimentos de impermeabilização, em pelo menos 10 anos devem conservar suas funções de forma satisfatória [5].

A indústria com os sistemas de impermeabilização busca eliminar as patologias que podem ser ocasionadas pela umidade na construção. Os polímeros sintéticos e membranas acrílicas surgem como novos materiais e suas propriedades de impermeabilidade, elasticidade e extensibilidade permitem que sistemas de impermeabilização apresentem melhor desempenho e maior agilidade de execução [10].

As inovações no nicho de impermeabilização se voltam para o desenvolvimento de sistemas mais eficientes, com prioridade na velocidade de aplicação, diminuindo os custos de mão de obra. Além disso, outro fator importante é a segurança do trabalho, tendo como exemplo a dispensa da utilização do maçarico na substituição da manta asfáltica tradicional pela manta adesiva [6].

Em vista disso, Righi [9] ressalta que a escolha de um sistema de impermeabilização deve ser minuciosamente analisada no que tange aos custos e à sua confiabilidade, uma vez que, se apresentar problemas, os valores dos serviços realizados para corrigi-los sobem drasticamente, além de gerar grande desconforto para os ocupantes da edificação. Em relação às construções do cotidiano, a impermeabilização é comumente negligenciada por falta de discernimento em priorizar a prevenção de problemas construtivos, embora solucionar reparos futuros pode levar a maiores prejuízos [7, 8].

Logo, esta pesquisa tem por objetivo realizar um estudo de caso de duas obras, indicando os procedimentos para execução de impermeabilização, e realizar análise de parâmetros que envolvem custo e produtividade, em lajes com dois sistemas de impermeabilização diferentes.

2 METODOLOGIA

Visando contribuir com o estudo de processos construtivos e a identificação do melhor desempenho econômico entre os sistemas de impermeabilização, a pesquisa consiste em quatro etapas (Figura 1): definição da amostragem, coleta dos dados, processamento dos dados e por fim na análise dos sistemas de impermeabilização.

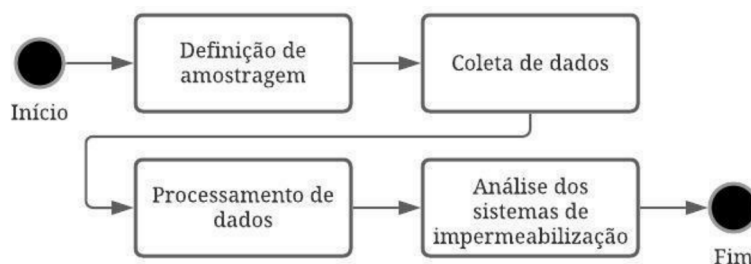


Figura 1: Etapas para realização da pesquisa

A definição da amostragem diz respeito à seleção dos locais para a pesquisa, que seguiram os seguintes critérios: utilizar o sistema de impermeabilização em estudo, estar na fase de execução da impermeabilização no momento da pesquisa, e pertence à mesma região metropolitana.

Após definidos os locais para o estudo dos processos de impermeabilização como sendo duas garagens, uma utilizando o sistema de impermeabilização de membrana de poliuretano com 746,47 m² e a outra utilizando manta asfáltica com 231,88 m², e estas com características construtivas semelhantes, foram coletados os dados em campo com base em visitas técnicas, para acompanhamento da execução do sistema de impermeabilização em poliuretano e do sistema em manta asfáltica.

O início das visitas aconteceu com a chegada do material no local de aplicação e perduraram, no caso do poliuretano, até a finalização da camada de acabamento, denominada *top coat*, e, no caso da manta asfáltica até o cumprimento da proteção mecânica. Nestas visitas, foram identificadas as áreas a serem impermeabilizadas, condições climáticas, os horários de início e término de cada serviço realizado, quantitativo de mão de obra, e os materiais e equipamentos utilizados. Além disso, com o intuito da melhor coleta possível de informações foram solicitados documentos, evidenciados na Tabela 1.

Tabela 1: Informações obtidas a partir de documentos das obras

Documento	Informações pretendidas
Projeto de impermeabilização	Especificações quanto ao sistema de impermeabilização utilizado, englobando os produtos previstos para cada área e seus respectivos consumos, as diretrizes para sua aplicação na área impermeabilizada e nos pontos críticos, e a área do local onde a obra ia ser realizada
Projeto estrutural	Verificar o tipo de construção da área analisada e suas particularidades
Projeto arquitetônico	Obter um panorama a respeito da obra como um todo, avaliando suas características e analisando, assim, como a laje impermeabilizada está inserida na conjuntura da construção
Orçamento	Percentual da participação dos serviços de impermeabilização frente ao orçamento total da obra
Cronograma	Cronograma com a execução do processo, com a programação e sequência das atividades a serem feitas e o tempo previsto para a sua execução
Certificado de qualidade dos materiais	Ensaio realizados nos materiais e verificação dos seus resultados conforme normas técnicas

Neste contexto, foram registrados os materiais e equipamentos utilizados na impermeabilização e suas especificações de armazenagem e cuidados de manuseio, os procedimentos de execução dos sistemas de impermeabilização e os equipamentos de proteção individual dos funcionários.

A coleta de dados externos à obra ocorreu com o intuito obter dos fornecedores dos materiais utilizados nos sistemas de impermeabilização dados restantes para a continuação do estudo, sendo eles os custos dos produtos e os critérios de aceitação considerados previamente ao seu envio para os clientes.

Para o levantamento de custos dos equipamentos e da mão de obra, utilizaram-se as tabelas de composição do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) do Espírito Santo. O sistema é gerido pela Caixa Econômica Federal junto ao IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia Estatística) que serve como referência de preços e custos na elaboração de orçamentos, considerando o valor médio da remuneração do trabalhador, não levando em conta marcas ou empresas contratantes específicas.

A remuneração da mão de obra em pagamento por hora (R\$/h) foi multiplicada pela quantidade de horas de serviço diário padrão (8 horas) para se obter o valor que o funcionário receberia por dia. Os valores da locação dos equipamentos foram obtidos a partir da média de pelo menos duas cotações realizadas com fornecedores locais.

Após esta etapa concluída, é necessário o processamento dos dados recolhidos. Podem-se calcular as produtividades dos serviços, através da equação:

$$RUP = \frac{\Delta T \cdot N_{func}}{A} \quad (1)$$

em que RUP é a razão unitária de produtividade; ΔT é o total gasto para executar o serviço; N_{func} é o número de funcionários que trabalharam naquela atividade; e A é a área total impermeabilizada na etapa considerada.

Segundo Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) [3], a produtividade é a eficiência em transformar recursos em produtos. Nesse sentido, tem-se uma melhor produtividade sempre que for preciso menos esforço para se obter determinado resultado. Desse modo, o índice utilizado para quantificar tal eficiência da mão de obra é a Razão Unitária de Produção (RUP), dada, na presente pesquisa, em homem-hora por metro quadrado (H·h/m²), sendo que valores baixos desse índice representam uma melhor produtividade. Além disso, foram, ainda, calculados os custos totais dos materiais, equipamentos consumidos e mão de obra para cada um dos métodos executivos estudados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Tempo de execução e produtividade

Durante a execução dos serviços, foi contabilizado o número de dias que cada etapa levou para ser concluída, utilizando como parâmetro o tempo efetivo trabalhado, área onde a atividade foi executada e o número de funcionários envolvidos. A partir disso, calculou-se a produtividade relativa a cada serviço, demonstrada na Tabela 2 e Tabela 3.

Primeiramente, cabe destacar que, na Tabela 2, apesar de a norma ABNT NBR 9574 [2] estabelecer 72 h para o teste de estanqueidade, foi considerada uma duração de 6 dias na obra analisada. A prorrogação desse tempo foi uma escolha do engenheiro responsável, pois ao fim das 72 primeiras horas foram observados dois pontos de infiltração no teto do andar inferior. Diante disso, para acabar com eventuais dúvidas quanto à eficiência da impermeabilização, optou-se por manter o teste por mais 72 h, totalizando os 6 dias mencionados.

Além disso, também é importante ressaltar que a etapa da proteção mecânica apresentada na Tabela 2 não foi acompanhada pelos autores. Portanto, seu tempo efetivo de serviço não pôde ser contabilizado. Assim, a produtividade apresentada, apenas desse caso, foi retirada da Tabela de Composições do SINAPI e a duração em dias foi estimada pelo engenheiro, para isso, ele

levou em conta a quantidade de funcionários que iria destinar ao serviço e quanto eles geralmente produzem por dia ao realizá-lo, baseando-se em obras anteriores feitas por ele e que contemplaram o mesmo serviço em questão.

Ao analisar as informações, observa-se que, embora a obra em manta asfáltica ter sido realizada em uma área menor que a do poliuretano, tal sistema apresentou um total de 16 dias trabalhados, em comparação aos 8 dias de duração da segunda metodologia. Ademais, ainda que o teste de estanqueidade tivesse ocorrido conforme a norma (72 h), a duração da impermeabilização do sistema em manta continuaria superior à do sistema em poliuretano.

Tabela 2: Duração e produtividade da impermeabilização com manta asfáltica

Etapa da impermeabilização	Etapa do serviço	Duração (dias)	Tempo de serviço (h)	Produtividade média (H·h/m ²)
Imprimação	Execução e secagem do primer	2	1,88	0,0150
Impermeabilização	Aplicação da manta asfáltica	5	18,70	0,0742
	Teste de estanqueidade	6	-	-
Proteção mecânica	Proteção primária e camada separadora e de concreto	3	-	0,2541

Tabela 3: Duração e produtividade da impermeabilização com membrana de poliuretano

Etapa da impermeabilização	Etapa do serviço	Duração (dias)	Tempo de serviço (h)	Produtividade média (H·h/m ²)
Imprimação	Aplicação do PRIMER	1	2,17	0,0055
Camada de base	Aplicação do produto da camada de base	1	3,57	0,0226
Camada intermediária	Aplicação do produto da camada intermediária e aspersão de agregado	2	7,81	0,0265
Camada de acabamento	Aplicação do produto da camada de acabamento e a cura de 72 horas	4	3,78	0,0287

Assim como no tempo de execução, a membrana de poliuretano apresentou uma vantagem na produtividade. Examinando-se as etapas de cada sistema de impermeabilização, percebe-se, inicialmente, que, na fase da imprimação, o índice de produtividade apresentado na tabela da membrana de poliuretano foi menor em relação ao da manta. Como a forma de execução dessa etapa é a mesma para ambos os métodos, essa divergência pode ser atribuída à habilidade ou a uma maior ou menor prática dos funcionários envolvidos em cada obra. Já nas demais etapas, apesar de diferentes, nota-se que todos os índices apresentados na execução da membrana de poliuretano são inferiores aos da manta asfáltica.

Seguindo as definições da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) [3], pode-se inferir que a impermeabilização com poliuretano demanda um menor esforço para ser realizada, atribuindo grande parte da vantagem obtida à facilidade na aplicação dos produtos observada durante o acompanhamento.

O que se observou na prática foi que a aplicação na forma de pintura do sistema em poliuretano tornou o método muito mais eficiente e rápido. Por outro lado, no caso da manta

asfáltica, reparou-se que havia uma maior dificuldade – o que resultava em maiores tempos de execução – nos recortes e nos detalhes, onde era preciso cortar a manta em formatos específicos para posterior aplicação. Essa circunstância contribuiu para que a aplicação da manta asfáltica levasse 5 dias para ser finalizado, mesmo em uma área menor, de 231,88 m². Por não apresentar essa particularidade, o poliuretano garantiu uma produtividade melhor.

3.2 Custos

Para a análise financeira de ambos os sistemas de impermeabilização, dividiu-se em materiais, equipamentos e mão de obra. Os materiais utilizados na impermeabilização com manta asfáltica apresentaram um custo total de R\$ 66,10 por m², conforme a Tabela 4.

Tabela 4: Custo dos materiais de consumo utilizados na execução da manta asfáltica

Serviço	Material	Custo unitário (R\$)	Unidade	Custo total (R\$)	Custo por m ² (R\$/m ²)
Imprimação	Primer	59,31	Balde	296,55	1,18
Aplicação da manta asfáltica	Manta asfáltica tipo III B 4 mm	247,20	Rolo	7168,80	28,46
	Botija de gás GLP 13 kg	69,33	Unitário	138,66	0,55
Proteção mecânica	Camada separadora geotêxtil de 150 g/m ²	-	-	561,33	2,42
	Cimento	17,00	Saco	561,00	2,23
	Areia média Lavada	42,00	m ³	226,80	0,90
	Tela com malha 15 x 15 soldada Q92 Aço CA-60	141,70	Unitário	2408,90	10,41
	Concreto usinado com bomba, resistência característica à compressão de 30 MPa, brita 0	290,00	m ³	3277,00	14,16
	Polimento da laje	-	-	1342,51	5,80
Total (R\$)				15981,55	66,10

No caso do custo dos materiais utilizados no sistema de impermeabilização com poliuretano, a Tabela 5 demonstra que apresentaram um custo total de R\$ 49,33 por m², e a maior parte do custo são decorrentes da camada de base.

Ao comparar os sistemas de impermeabilização nas condições mencionadas, em termos de custo por metro quadrado aplicado, a membrana de poliuretano mostrou-se mais econômica que a metodologia tradicional de manta asfáltica. O fator que influencia para tal diferença entre os custos é o consumo do material durante a aplicação.

Nota-se que, na impermeabilização com manta asfáltica, mais da metade do custo de materiais – aproximadamente 54 % – é decorrente da proteção mecânica. Já no caso da impermeabilização com membrana de poliuretano, cerca de metade do valor – em torno de 45 % – é oriundo da aplicação da camada base.

Tabela 5: Custo dos materiais de consumo utilizados na execução da membrana de poliuretano

Serviço	Custo unitário (R\$)	Unidade	Custo total (R\$)	Custo por m ² (R\$/m ²)
Imprimação	650,08	Balde	3575,44	4,53
Aplicação da camada base	849,50	Balde	17414,75	22,04
Aplicação da camada intermediária	664,32	Balde + saco	13447,11	8,76
Aplicação do acabamento	1736,93	Balde	10447,50	14,00
Total (R\$)			44884,80	49,33

Diante do exposto, observa-se, ao comparar os sistemas de impermeabilização em termos de custo por metro quadrado aplicado, a membrana de poliuretano se mostrou um sistema mais econômico que a metodologia tradicional utilizada no Brasil, de impermeabilização da manta asfáltica. Vale ressaltar que um fator de influência para tal diferença entre custos é o consumo do material durante a aplicação. Afinal, como previamente abordado, os materiais que compõem a membrana de poliuretano apresentaram consumos menores que os produtos utilizados na manta asfáltica, levando a melhores rendimentos por metro quadrado de área aplicada.

Em relação aos valores dos equipamentos de consumo e utilizados na execução do sistema de impermeabilização com manta asfáltica, as informações foram obtidas através de cotação com os fornecedores locais. A betoneira foi locada por 2 dias, a lixadeira angular foi locada durante toda a execução da impermeabilização, o vibrador e o mangote somente para o dia da proteção mecânica. Com os respectivos custos dos equipamentos demonstrados na Tabela 6 e Tabela 7.

Tabela 6: Custo dos equipamentos de consumo usados na impermeabilização com manta asfáltica

Equipamento	Custo Individual (R\$)	Fonte da informação	Forma de aquisição	Custo Total (R\$)	Custo por m ² (R\$/m ²)
Rolo 23 cm de espuma para textura	12,73	Cotação	Compra	25,46	0,10
Suporte para rolos	6,30	Cotação	Compra	12,60	0,05
Colher de pedreiro	17,38	Cotação	Compra	17,38	0,07
Total (R\$)					0,22

Tabela 7: Custo dos equipamentos para executar o método de impermeabilização com manta asfáltica

Equipamento	Custo Individual (R\$)	Fonte da informação	Forma de aquisição	Custo Total (R\$)	Custo por m ² (R\$/m ²)
Betoneira	25,00	Fornecedor	Locação	50,00	0,08
Lixadeira angular	12,50	Fornecedor	Locação	200,00	0,86
Vibrador e mangote	90,00	Fornecedor	Locação	90,00	0,36
Maçarico	10,00	Fornecedor	Locação	50,00	0,22
Total (R\$)					1,52

Os valores de todos os equipamentos de consumo, manuseados e utilizados na execução do sistema de impermeabilização com membrana de poliuretano foram obtidos através de cotação com fornecedores locais. A furadeira e o aspirador foram locados por toda duração do serviço, os respectivos custos dos equipamentos demonstrados na Tabela 8 e Tabela 9.

Tabela 8: Custo dos equipamentos de consumo usados na impermeabilização com membrana de poliuretano

Equipamento	Custo unitário (R\$)	Fonte da informação	Forma de aquisição	Custo Total (R\$)	Custo por m ² (R\$/m ²)
Rolo de lã sem respingo	9,90	Cotação	Compra	356,40	0,48
Suporte para rolos	6,30	Cotação	Compra	50,40	0,07
Pincel	3,23	Cotação	Compra	6,46	0,01
Rodo dentado de aplicação	127,00	Cotação	Compra	127,00	0,17
Pistola aplicadora	76,04	Cotação	Compra	152,09	0,20
Total (R\$)					0,93

Tabela 9: Custo dos equipamentos para executar o método de impermeabilização com membrana de poliuretano

Equipamento	Custo unitário (R\$)	Fonte da informação	Forma de aquisição	Custo Total (R\$)	Custo por m ² (R\$/m ²)
Furadeira Bosch 550 W 220 V + haste misturadora	15,00	Fornecedor	Locação	120,00	0,16
Soprador/aspirador de ar	40,00	Fornecedor	Locação	320,00	0,43
Total (R\$)					0,59

Ao observar os valores, verifica-se que a impermeabilização com manta asfáltica, apresenta custo de equipamentos total maior quando comparado ao método executivo da membrana de poliuretano. Isso se deve ao fato, que a membrana de poliuretano apresentar grande facilidade de aplicação, sendo os métodos de execução muito semelhantes no decorrer das etapas da impermeabilização, utilizando apenas rodo, rolos e misturador mecânico.

No caso da manta asfáltica, existe uma ampla variedade de materiais, de ferramentas e de procedimentos ao longo das fases de aplicação e, portanto, há uma exigência maior por equipamentos que atendam ao método executivo realizadas neste sistema, resultando em preços mais elevados.

No que tange aos custos da mão de obra para executar a impermeabilização com manta asfáltica, relacionou-se na Tabela 10 a quantidade de profissionais com o custo individual dos mesmos, para assim obter o custo por metro quadrado total.

Tabela 10: Custo da mão de obra da impermeabilização com manta asfáltica

Serviço	Mão de obra	Quantidade	Dias trabalhados	Custo individual (R\$/trabalhador·dia)	Custo por m ² (R\$/m ²)
Aplicação do primer	Auxiliar	2	1	70,96	0,56
Aplicação da manta	Impermeabilizador	1	5	105,68	2,10
Execução da proteção primária	Pedreiro	1	2	114,00	0,91
	Auxiliar	2		70,96	1,13
Concretagem	Pedreiro	1	1	114,00	0,49
	Auxiliar	1		70,96	0,31
Total (R\$)					5,49

Já a Tabela 11 refere-se ao custo da mão de obra para executar a impermeabilização com membrana de poliuretano.

Tabela 11: Custo da mão de obra da impermeabilização com membrana de poliuretano

Serviço	Mão de obra	Quantidade	Dias trabalhados	Custo individual (R\$/trabalhador·dia)	Custo por m ² (R\$/m ²)
Imprimação	Impermeabilizador	3	1	105,68	0,4
Camada de base	Impermeabilizador	3	1	105,68	0,64
	Pedreiro	1	1	114,00	
	Auxiliar	1	1	70,96	
Camada intermediária -1º camada	Impermeabilizador	3	1	105,68	0,64
	Pedreiro	1	1	114,00	
	Auxiliar	1	1	70,96	
Camada intermediária -2º camada	Impermeabilizador	3	1	105,68	0,77
	Pedreiro	1	1	114,00	
	Auxiliar	2	1	70,96	
Camada de acabamento	Impermeabilizador	3	1	105,68	0,77
	Pedreiro	1	1	114,00	
	Auxiliar	2	1	70,96	
Total (R\$)					3,21

Destaca-se que, o poliuretano se apresentou mais vantajoso economicamente em relação à manta em termos de mão de obra. Segundo Soares [11] o que se observa no mercado brasileiro é uma falta de especialização da mão de obra na área de impermeabilização. Comumente, o funcionário não recebe treinamento para a execução do serviço, sendo o aprendizado passado de operário para operário. Além disso, a oferta de cursos profissionalizantes ainda é considerada um gargalo nesse setor. Observa-se que os cursos de formação de mão de obra são, em geral, ofertados de maneira gratuita pelos próprios fabricantes dos produtos de impermeabilização.

As informações apontadas por Soares [11] também foram observadas ao longo desta pesquisa, visto que o aplicador do sistema em manta asfáltica não recebeu nenhuma especialização ou treinamento durante todo o tempo de exercício da sua profissão. Já os aplicadores do poliuretano receberam o treinamento ofertado pela fabricante. A explicação dessa diferença entre treinamentos obtidos pode ser dada pelo fato de a manta asfáltica ser uma técnica usual e já consolidada no mercado brasileiro, sendo conhecida pelos profissionais a partir da sua prática recorrente. Por outro lado, o sistema em poliuretano é uma técnica recente no Brasil e, portanto, menos utilizada. Outrossim, esse método executivo apresenta uma sequência específica na utilização dos produtos que demanda um maior controle na sua execução, enfatizando, assim, a necessidade de treinamento dos profissionais.

Vale ressaltar, ainda, que, apesar do treinamento obtido pelos funcionários, tanto o engenheiro responsável pela obra de poliuretano como o engenheiro responsável pela obra em manta asfáltica afirmaram que a remuneração da mão de obra independe do sistema escolhido, sendo a mesma para a aplicação do sistema em manta e em poliuretano. Dessa forma, o custo despendido com a mão de obra, no caso em questão, torna-se um diferencial entre uma técnica ou outra ao se avaliar a duração do processo e o número de funcionários envolvidos. Diante disso, percebe-se que a vantagem obtida pela impermeabilização em poliuretano se deu por ela apresentar um tempo menor de execução, visto que a remuneração é igual nos dois sistemas, mesmo a manta asfáltica exigindo menor número de profissionais envolvidos.

Na Tabela 12 é possível fazer um comparativo direto entre os custos por metro quadrado. Nesse custo estão envolvidos os dispêndios com materiais, equipamentos de consumo e mão de obra de cada método de impermeabilização.

Tabela 12: Distribuição do custo da impermeabilização

Parâmetro de análise	Manta asfáltica (R\$/m ²)	Membrana de poliuretano (R\$/m ²)
Material	66,10	49,33
Equipamento	1,74	1,52
Mão de obra	5,49	3,21
Total	73,33	54,06

Para todos os parâmetros de análise considerados na Tabela 12 (material, equipamento e mão de obra), os valores do sistema de manta asfáltica foram mais elevados que a membrana de poliuretano. Destaca-se nesse contexto a proteção mecânica na impermeabilização com manta asfáltica, que demanda um gasto significativo, ou seja, a etapa que demandou a maior parte do custo envolvido. Além disso, a impermeabilização com membrana de poliuretano apresenta uma distribuição mais proporcional do custo entre as fases da obra, diferentemente do outro caso, onde uma parte específica da obra demanda mais de metade das despesas totais.

4 CONCLUSÕES

A pesquisa permitiu a comparação entre os custos despendidos no sistema de impermeabilização de manta asfáltica e o sistema de impermeabilização de membrana de poliuretano. A princípio, notou-se que os produtos componentes da membrana de poliuretano apresentam custos unitários muito superiores aos valores dos materiais que integram a manta asfáltica, podendo, com isso, influenciar o usuário a pensar que a primeira opção resultaria numa solução mais cara que a segunda. Entretanto, estudando os indicadores de produtividade, custos diretos e indiretos de mão de obra, elementos de proteção mecânica e preparo de superfícies dentre outros insumos, ficou claro que, para a situação analisada neste trabalho, o sistema em manta asfáltica é, de fato, mais oneroso, por metro quadrado de aplicação. Inferiu-se, diante disso, que o alto custo do sistema tradicional foi, em sua maioria, devido à etapa de execução da proteção mecânica. Além disso, o fato de tal metodologia demandar um tempo superior na sua execução promove uma despesa maior também com mão de obra.

Além disso, para ambos os casos analisados, o não cumprimento estrito das normas de aplicação dos produtos interfere na apuração correta dos resultados de produtividade, de consumo e de custo.

Cabe destacar, por fim, que ainda há falta de diretrizes definidas para se executar a impermeabilização da membrana em poliuretano se comparado com a manta asfáltica. A norma ABNT NBR 9574 [2], que trata da execução de impermeabilização, aborda o tópico de maneira breve, direcionando a obtenção de maiores detalhes aos fabricantes. Vale ressaltar a pertinência da realização de outros estudos avaliando a viabilidade desse novo sistema em outras áreas de aplicação ou compará-lo a outros processos utilizados pelo mercado, além da implementação de pesquisas que avaliem o desempenho desse material no período pós-obra, para que se possa ter certeza de uma vantagem a longo prazo com a sua utilização.

Em vista disso, conclui-se, que, para o caso analisado no presente estudo, isto é, uma laje de garagem exposta a intempéries, a membrana de poliuretano se mostrou mais vantajosa quando comparada à manta asfáltica não somente do ponto de vista econômico, mas também no que diz respeito à produtividade, ao tempo de execução do serviço. No entanto, para a análise de locais com finalidades e características construtivas distintas, a prudência e o aprofundamento das avaliações devem sempre prevalecer, já que, de fato, ambas as soluções são adequadas, e indicadas para casos específicos.

REFERÊNCIAS

- [1] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais - Desempenho*. ABNT/CB-002 Construção Civil, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 2013.
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 9574:2008 Execução de impermeabilização*. ABNT/CB-022 Impermeabilização, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 2008.
- [3] Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC. *Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil*. CBIC, 2017.
- [4] G. Cichinelli. A evolução das membranas moldadas in loco. *Téchne*, Pini, 87:32–34, 2004.
- [5] M. Gonçalves, J. G. Lopes, J. de Brito e M. da G. Lopes. Características das membranas de impermeabilização de coberturas em terraço. *Revista de Engenharia Civil*, 22(5):59–71, 2005.
- [6] B. Loturco. Poliuretanos, poliureias e manta adesivas. *Téchne*, Pini, 102, 2005.
- [7] J. B. Pinto e L. E. A. AGUIAR. Sistema de impermeabilização com manta asfáltica e manta líquida em lajes de coberturas. *Projectus*, 1(3):141–151, 2017.
- [8] A. C. R. G. Ribeiro, F. G. Azevedo, F. G. D. Ferreira e R. D. de Azevedo Filho. Impermeabilização a base de polímero acrílico: estudo de caso no tratamento de infiltração da laje de cobertura. *Revista Eletrônica da Estácio Recife*, 5(2), 2019.
- [9] G. V. Righi. *Estudos de sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul – RS, Brasil, 2009.
- [10] J. C. P. Salgado. *Técnicas e práticas construtivas para edificação*. Érica, 3ª edição, 2014.
- [11] F. F. Soares. *A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil*. Trabalho de conclusão de curso de graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 2014.
- [12] M. Tsukagoshi, H. Miyauchi e K. Tanaka. Protective performance of polyurethane waterproofing membrane against carbonation in cracked areas of mortar substrate. *Construction and building materials*, 36:895–905, 2012.
- [13] E. Tsukahara e T. Uomoto. Corrosion rate of reinforcing steel bars in cracked concrete. *Transactions of the Japan Concrete Institute*, 22:155–166, 2001.
- [14] J. You e Y. Ohno. Influence of crack and water cement ratio on corrosion of steel in carbonated concrete. *Journal of Structural and Construction Engineering*, 559:15–1, 2002.