

CAPACIDADE DE *CRACK-BRIDGING ABILITY* EM MEMBRANAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Um estudo comparativo em membranas acrílicas sem cimento

Francisco Rey Puento ^{a*}
Luciano de Brito V. de Souza*
Wellington Girardi*
Luis César Siqueira De Luca ^{b*}
Andressa Margareth Assaka ^{c*}

Resumo

O presente trabalho buscou comparar diferentes desempenhos em ensaios de Crack-Bridging Ability – CBA de alongamento, em milímetros, e força de ruptura, em Newton, , segundo normatizado pela EN 1062-7, em seis produtos comerciais baseados em membranas de polímero acrílico sem cimento. Os produtos foram comparados em termos de consumo indicado pelos fabricantes, com o consumo indicado pelos fabricantes aumentado em 10% e com a utilização de tela estruturante isotrópica. Para a realização das medidas, os pesquisadores desenvolveram um equipamento dedicado. Os resultados obtidos mostraram que o desempenho das membranas suportadas pelas telas estruturantes isotrópicas foi superior as demais configurações e que o aumento do consumo dos produtos aumenta o alongamento e o desempenho das membranas nos ensaios CBA, mas não necessariamente melhora a tensão de ruptura, uma vez que esta depende da espessura da camada impermeabilizante e das propriedades químicas de cada produto. Nas mesmas situações de consumo e aplicações, o desempenho dos produtos foi igualmente diferente, mostrando empiricamente que as propriedades físico-químicas das matérias primas são características que devem ser consideradas em um projeto de impermeabilização.

Palavras-chave: *Crack-Bridging Ability CBA; ensaios de CBA; membranas acrílicas sem cimento; impermeabilização; sistemas de impermeabilização com membranas poliméricas.*

Introdução

Os sistemas de impermeabilização são utilizados para mitigar as manifestações patológicas causadas pela infiltração da água e umidade, protegendo e conservando a integridade das construções civis (MORAES, 2002; SOARES, 2014; SOUZA, 2008).

Quando aplicados de acordo com um critério técnico, isto é, são projetados de acordo com as necessidades de cada aplicação e utilizam os materiais adequados, considerando a especificidade de cada substrato, apresentam características de estanqueidade tal que atingem sua finalidade (NBR 9574, 2008).

Esforços nas estruturas de concreto cobertas com sistemas impermeabilizantes podem ocasionar trincas e fissuras, que comprometem a estanqueidade da estrutura e podem incorrer em manifestações patológicas causadas pela ruptura da camada impermeável (NASCIMENTO et al.; SOARES, 2014). Por isso, espera-se que a camada impermeabilizante e seus materiais estejam adequados para o projeto.

Segundo Dos Santos (2021), a análise da capacidade de um sistema impermeabilizante para absorver a ocorrência de trincas e fissuras é muito importante para que seja possível a diferenciação dos comportamentos dos diversos sistemas na prática construtiva. As situações nas quais os sistemas estão submetidos devem, portanto, ser levantadas, testadas, analisadas e reportadas, para que parâmetros de desempenho sejam estabelecidos.

No mercado brasileiro de impermeabilização tem-se notado um crescimento substancial na utilização de membranas nas construções, seja em construções com projetos de impermeabilização existentes, seja em obras que não possuem projeto de impermeabilização específico, mas necessitam inevitavelmente, de incorporação deste processo em caixas d'água, canteiros, garagens ou outras aplicações específicas. Este crescimento, segundo o Instituto Brasileiro de Impermeabilização – IBI, deve-se à facilidade de utilização destes materiais, simplicidade para manutenção e reparos e versatilidade de aplicações.

As membranas acrílicas, mais especificamente, são membranas de alto desempenho, cuja utilização e desenvolvimento têm sido potencializados nos últimos anos. Entretanto, apesar da crescente popularidade, observa-se que não há normas nacionais específicas para a condução de ensaios acerca da capacidade, ou aptidão, destas membranas em absorver as fissuras novas que possam surgir em uma estrutura de concreto com esta camada impermeabilizante, impedindo comparações entre os diferentes produtos oferecidos pelo mercado e a sua classificação para maior compreensão de seus custos/benefícios pelos consumidores.

Atualmente, as normas brasileiras indicam metodologias para materiais impermeabilizantes de forma isolada sem considerar as condições de uso, restringindo-se a normatizar a qualidade dos materiais quanto à aprovação ou reprovação industrial (DOS SANTOS, 2021), não abordando aspectos como desempenho e acomodação de falhas.

O Crack-Bridging Ability – CBA constitui-se de um método de ensaio adotado para medir a capacidade de uma camada impermeabilizante na absorção e acomodação de trincas e fissuras, decorrentes das movimentações estruturais que ocorrem no substrato aos quais estão aderidas (EN 1062-7, 2004).

Este ensaio é normatizado pela ASTM C1305 (2016a) e pela EN 1062-7 (2004), as quais designam procedimentos para a condução de ensaios que simulam a ocorrência de trincas e fissuras em um substrato com camadas impermeabilizantes aderidas e padronizam valores e medidas para a determinação dos parâmetros de análise (DOS SANTOS, 2021; DOS SANTOS, 2022).

Neste contexto, buscou-se comparar a capacidade de Crack-Bridging Ability em membranas de polímero acrílico sem cimento disponíveis no mercado nacional e, com isto, contribuir para uma futura normatização brasileira para o ensaio simulado destes materiais.

Membranas de Polímero Acrílico

Nas últimas décadas, a indústria desenvolveu uma grande variação de materiais e tecnologias para mitigar as manifestações patológicas ocasionadas pela água e pela umidade nas construções.

Neste sentido, os polímeros sintéticos e, em especial, as membranas acrílicas surgem como materiais inovadores, cujas propriedades de impermeabilidade, elasticidade e extensibilidade proporcionam o desenvolvimento dos sistemas de impermeabilização com desempenho conciliável ao feltro asfáltico, retratando, em geral, maior agilidade de execução (SALGADO, 2007).

Membranas acrílicas são matérias primas (resinas) resultantes da polimerização dos monômeros do ácido acrílico ou metacrílico, sendo utilizadas para a confecção de emulsões impermeabilizantes, mástiques, tintas refletivas para impermeabilização asfáltica, tintas impermeáveis e vernizes. Estes produtos podem ser produzidos a partir de resinas acrílicas puras, acrílicas estirenadas, ou ainda, acrílicas vinílicas. Os polímeros acrílicos também são utilizados como adesivos e impermeabilizantes quando combinados com cimentos, conferindo às misturas alta aderência, flexibilidade e impermeabilidade (GRANATO, 2002).

A composição das resinas afeta diretamente as características dos produtos confeccionados a partir delas. Os produtos à base de resinas acrílicas puras, por exemplo, possuem boa resistência aos raios ultravioletas do sol, sendo que as estirenadas sofrem amarelamento e ressecamento. As emulsões impermeabilizantes para lajes, por sua vez, quando bem formuladas, apresentam boa elasticidade e aderência (NBR 13321, 2009). Devido às suas características físico-químicas e de resistência, podem ser utilizadas como impermeabilizantes em faces expostas e com inclinação.

A versatilidade destes materiais permitiu o desenvolvimento de produtos cimentícios modificados com polímeros acrílicos, utilizados em impermeabilização de reservatórios, solos e cortinas (sujeitos ou não à influência de lençóis freáticos), tanques, piscinas, revestimento de ambientes industriais expostos à agressividade física ou química e cobrimento de armaduras em concreto armado, entre outras aplicações.

A composição, a caracterização e as regras de aplicação das membranas acrílicas, com e sem cimento, são normatizadas nacionalmente pela NBR 13321 (2009) e pela NBR 15885 (2010).

Crack-Bridging Ability - CBA

A norma Europeia EN 1062-7 (2004) aborda o conceito de *Crack-Bridging Ability* como a capacidade apresentada por um sistema de revestimento de absorver as fissuras resultantes das deformações do substrato. Tal norma indica que CBA é o resultado da medida, em micrômetros ou milímetros, da abertura de fissura medida no substrato quando a primeira fissura é observada na camada impermeável após o ensaio.

Quando uma fissura se desenvolve no concreto já impermeabilizado, devido à retração e dilatação do elemento estrutural, ocorre uma movimentação, e a tensão é desta forma direcionada para o sistema aderido. Estudos anteriores mostram que a ruptura da camada impermeabilizante começa no contato com a superfície do substrato e migra para a superfície do sistema (DELUCCHI et al., 1998; DELUCCHI et al., 2004). O fenômeno está ilustrado na Figura 1.

A CBA é conhecida, portanto, como a capacidade de criar pontes que certas membranas desenvolvem internamente para resistir às fissuras que surgem após sua aplicação no substrato.

Seu entendimento técnico e sua medição têm sido alvo de trabalhos e pesquisas visando poder qualificar um determinado grupo de membranas, que teriam esta capacidade mais desenvolvida e, com isto, poderiam proporcionar uma escolha mais segura para seu uso em estruturas novas onde fossem especificadas (DELUCCHI et al., 1998; DELUCCHI et al., 2004; DOS SANTOS et al., 2021; DOS SANTOS, et al., 2022).

Essencialmente, em um ensaio CBA, analisando-se uma trinca sob um sistema impermeável aderido, busca-se determinar o percentual de deformação suportado por este sistema, conforme ilustrado na Figura 2.

A Tensão de Ruptura, definida como a capacidade de carga na qual a membrana se rompe, determina a capacidade de deformação dos sistemas impermeabilizantes aderidos, isto é, a capacidade da membrana em absorver as tensões causadas pelas fissuras nas edificações.

A Tensão de Ruptura é determinada por:

$$TR = \frac{CR}{e * L}$$

Onde:

TR = Tensão de Ruptura, em MegaPascal

CR = Força de Ruptura, em Newton

e= espessura inicial da membrana, em milímetros

L= largura da membrana, em milímetros

O uso de uma tela estruturante na membrana resulta no aumento da resistência à ruptura, conforme ilustrado na Figura 3.

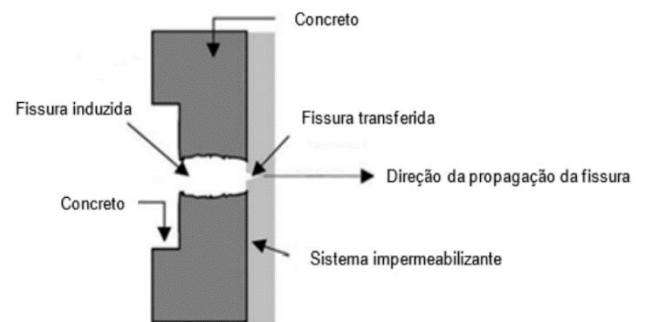


Figura 1 – Transferência da fissura da camada mais interna (substrato) para a mais externa (membrana).
Fonte: adaptado de Delucchi et al., 2002.

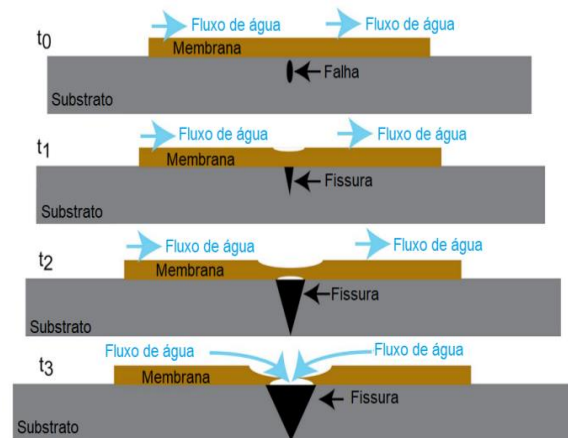


Figura 2 – Deformação suportada por um sistema impermeabilizante aplicado sobre trinca.
Fonte: Dos Santos, 2021.

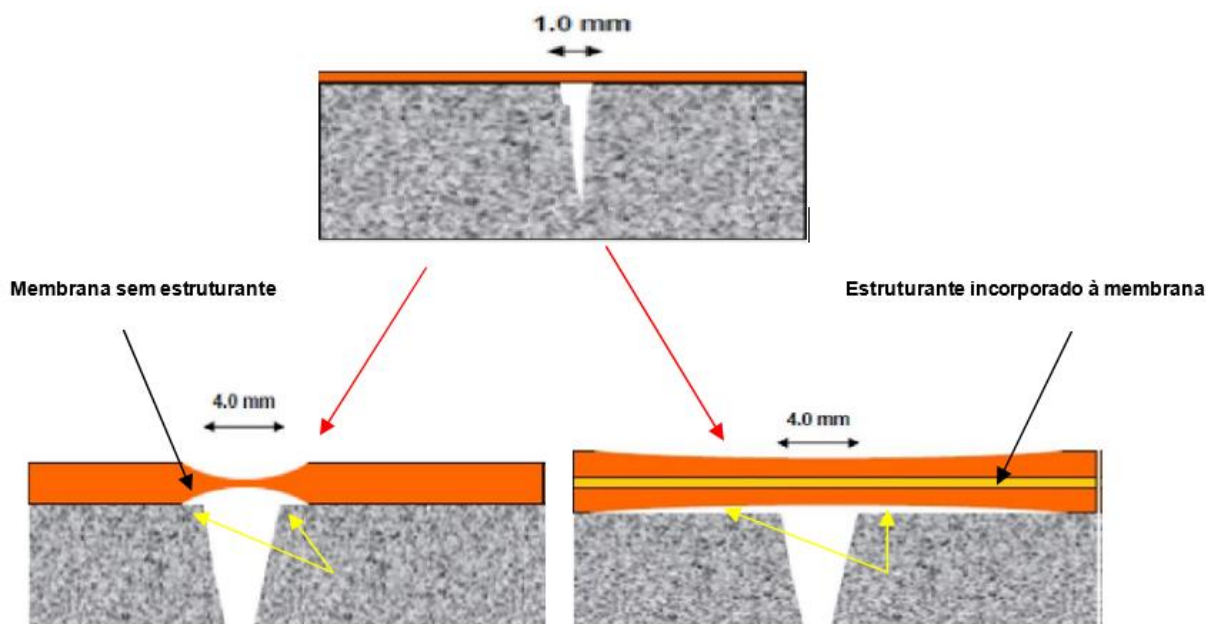


Figura 3 – Representação esquemática de resistência à ruptura em sistemas com e sem o uso de tela estruturante para suporte da camada impermeabilizante.

Normas Técnicas

A classificação e a caracterização dos sistemas aderidos são normatizadas pela EN 1504 (2010). Esta norma define parâmetros de classificação dos sistemas de proteção das estruturas de concreto visando qualificar os sistemas impermeabilizantes escolhidos. Esta norma é composta por 10 partes, entre as quais a Parte 2 diz respeito aos sistemas de proteção de superfícies de concreto.

Dentre as normas que tratam de aplicações em camadas impermeabilizantes para edificações e procedimentos para ensaios, as quais orientam as pesquisas na área, destacam-se a ASTM C1305 e a EN 1062-7 (2004) (DELUCHI e CERISOLA, 2012; HOLTER, 2016).

Segundo Dos Santos (2021), os princípios básicos dos métodos de ensaio citados são semelhantes, embora apresentem diferentes abordagens, uma vez que avaliam o comportamento das membranas aplicadas diretamente sobre o substrato de concreto. Uma das similaridades consiste na forma de avaliação, na qual a constatação da fissura nas membranas poliméricas usualmente é realizada de forma visual (AKCELRUD, 2007).

Programa Experimental

No programa experimental deste trabalho, procurou-se simular as condições da norma EN 1062-7 (2004) para determinação de valores de CBA de membranas de polímero acrílico sem cimento disponíveis no mercado nacional e qualificadas dentro da norma ABNT NBR 15885 (2010).

As membranas deste estudo foram adquiridas diretamente com os fornecedores e revendas técnicas de impermeabilização. Suas características são apresentadas no Quadro 1.

Para a confecção das amostras a serem testadas, foram utilizadas as quantidades indicadas pelos fabricantes. Adicionalmente, os pesquisadores optaram por aumentar a quantidade indicada em 10%, de modo a verificar qual o impacto do aumento de espessura do produto em seu desempenho final.

Buscando a parametrização do experimento, utilizou-se tela do tipo geotêxtil em todas as amostras conduzidas com utilização de estruturante.

De forma a se obter repetibilidade e automação nas medições, optou-se por desenvolver um equipamento dedicado para a execução do teste, cujas especificações podem ser requeridas junto aos autores (Figura 4).

Para a confecção dos corpos de prova, placas de concreto foram confeccionados segundo a NBR 14082 (2004) nas dimensões de 250 x 500 x 20 mm, sobre as quais foi aplicada uma camada de imprimação, conforme instruído

pelos fabricantes das membranas acrílicas. Buscando otimizar os processos de aplicação e recorte dos corpos de prova, cada placa foi dividida em duas partes iguais. Em uma das metades, aplicou-se produto impermeabilizante com tela estruturante isotrópica (50 g/m²), seguindo as especificações técnicas dos fabricantes para este tipo de aplicação (Corpos de Prova Tipo A). A outra metade, por sua vez, foi subdividida em duas partes iguais. Em uma das partes, foi aplicada a quantidade indicada por cada fabricante para aplicação direta (Corpos de Prova Tipo C) e, na outra, foi aplicado um adicional de 10% de produto com base nas indicações de cada fabricante para aplicação direta (Corpos de Prova Tipo B).

O detalhamento das partições utilizadas em cada corpo de prova se encontra esquematizado na Figura 5.

Com base nas especificações, as quantidades aplicadas em cada área foram:

- A. Consumo indicado pelo fabricante com a utilização de tela estruturante isotrópica (50 g/m²);
- B. Consumo indicado pelo fabricante com acréscimo de 10%;
- C. Consumo indicado pelo fabricante.

Adicionalmente, foram calculadas as massas necessárias para confeccionar corpos de prova com consumo de 2,2 kg/m² para os produtos 2 e 3, de modo a igualar o consumo destes produtos àqueles indicados pelos fabricantes dos produtos 1, 4, 5 e 6.

Aguardado o tempo de cura indicado pelos fabricantes, os corpos de prova foram devidamente marcados e cortados, gerando as amostras de teste de acordo com a norma EN 1062-7 (2004).



Figura 4 – Equipamento dedicado desenvolvido para a determinação do alongamento e da força de ruptura dos corpos de prova.
Fonte: autores, 2022.

Quadro 1 – Descrição das membranas acrílicas utilizadas na pesquisa

PRODUTO N°	DESCRIÇÃO
1	Impermeabilizante elastomérico líquido mono componente colorido à base aquosa. Após aplicado, resulta em uma membrana impermeabilizante de elevado desempenho e durabilidade, resistente aos raios U.V., completamente aderida ao substrato, com extrema flexibilidade, e resistente à estagnação de água.
2	Impermeabilizante à base de resinas acrílicas elásticas e flexíveis e com microesferas poliméricas, aplicado a frio, para impermeabilização de telhados, lajes e pisos de áreas frias.
3	Membrana a base de copolímeros acrílicos sem cimento com alta flexibilidade, excelente aderência e rápida cura para impermeabilização de áreas frias, varandas e juntas de fachadas.
4	Impermeabilizante elastomérico líquido fibrorreforçado mono componente colorido à base aquosa. Após aplicado resulta em uma membrana impermeabilizante de elevado desempenho e durabilidade, resistente a raios U.V., completamente aderida ao substrato, fibrorreforçada e resistente a estagnação de água.
5	Impermeabilizante elastomérico líquido mono componente a base água para uso em reservatórios de água potável. Após aplicado, resulta em uma membrana impermeabilizante de elevado desempenho e durabilidade, resistente aos raios U.V., completamente aderida ao substrato, com extrema flexibilidade, resistente à estagnação de água, e, que não afeta a potabilidade de água em contato com a membrana por ele formada.
6	Impermeabilizante elastomérico líquido mono componente à base água, alta concentração de pigmentos brancos e microesferas de vidro com excepcional refletância à luz solar. Após aplicado resulta em uma membrana impermeabilizante de elevado desempenho e durabilidade, com extrema flexibilidade e blindada à ação da água, altamente resistente aos raios U.V. com altíssimo índice de reflexão solar (SRI = 100%), proporcionando conforto e isolamento térmico da superfície exposta ao sol.

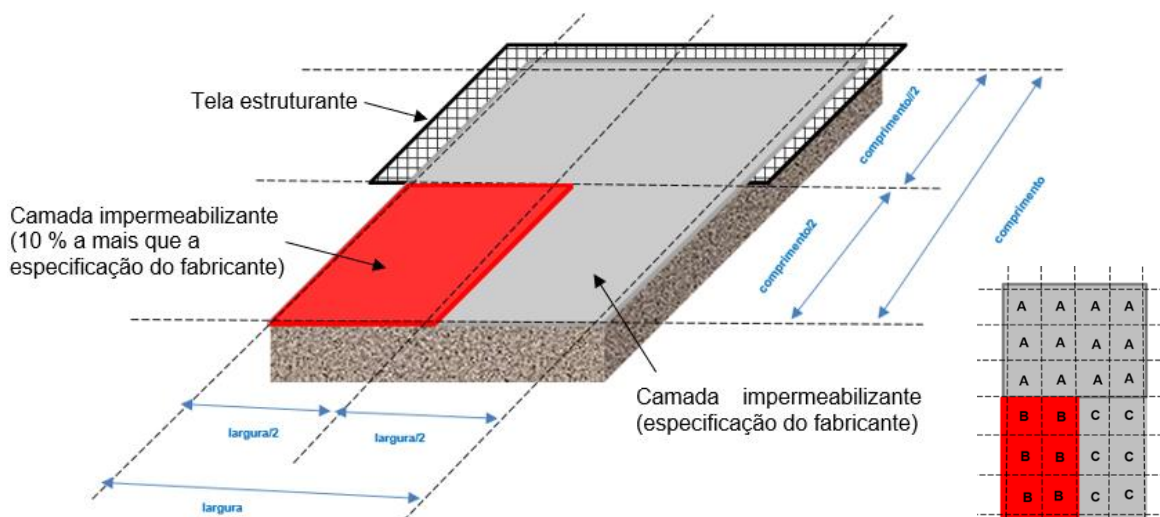


Figura 5 – Detalhamento da aplicação das camadas impermeabilizantes de membranas acrílicas sem cimento nas placas de concreto. Corpo de Prova Tipo A: com tela estruturante e camada de impermeabilizante conforme instruções do fabricante; Corpo de Prova Tipo B: com camada de impermeabilizante 10% maior que a instrução do fabricante; Corpo de Prova Tipo C: com camada impermeabilizante seguindo instruções do fabricante (sem tela).

Fonte: autores, 2022.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para os ensaios de CBA de cada um dos produtos, cuja camada impermeabilizante foi tipificada de acordo com a proposta descrita, foram possibilitados diante da medição automatizada de alongamento e força de ruptura das membranas no momento no qual ocorreu a detecção visual da ruptura. Como os ensaios de CBA não se resumem à determinação do alongamento das camadas, que dependem de ligações químicas entre os componentes e suas características plastificantes, mas também a determinação da força de ruptura, o cálculo da tensão de ruptura torna-se viável quando são também realizadas as medidas de espessura e área da seção transversal da membrana aplicada sobre as amostras. A média das medidas obtidas para os diferentes produtos em diferentes tipologias das coberturas impermeabilizantes são mostradas na Tabela 1, sendo os valores classificados segundo a EN 1062-7.

Analisando os valores de alongamento e tensão obtidos a partir dos ensaios de CBA, a superioridade do desempenho das amostras feitas com tela estruturante ficou bastante evidente. Isso se deve ao aumento da força de aderência fornecida pela tela, que é mais intensa quanto maior a ancoragem nas áreas vizinhas as da fissura. Entretanto, verifica-se que em termos de alongamento, o Produto 1 teve melhor desempenho que os demais produtos; em termos de força de ruptura, o Produto 3 sobressaiu; e, em termos de tensão de ruptura, o desempenho dos Produtos 2 e 6 foram superiores aos demais. Isto ocorreu porque cada ensaio envolve fenômenos e características diferentes dos materiais testados: o alongamento mede a plasticidade das matérias primas dos produtos e a sua capacidade de aderência ao substrato; a força de ruptura mede a rigidez do produto e a resistência à tração; a tensão, por sua vez, correlaciona a força de ruptura com a espessura da camada impermeabilizante.

De modo global, pode-se afirmar que os valores de alongamento, força e tensão de ruptura, encontrados pelos ensaios de CBA, foram diferentes tanto na utilização de variados consumos na aplicação do mesmo produto (transversalmente), quanto na comparação entre produtos diante da mesma forma de aplicação (longitudinalmente).

Para investigar a possibilidade da influência dos consumos nos resultados observados nos Ensaios CBA, foi definido um valor padrão de 2,2 kg/m² de consumo para a confecção de amostras sem tela estruturante para os Produtos 2 e 3, de modo a igualar os consumos indicados pelos fabricantes e mitigar a sua influência do consumo no desempenho das camadas impermeabilizantes nos ensaios. Os valores encontrados estão disponibilizados na Tabela 2.

Tabela 1 – Resultados de ensaios CBA para as membranas acrílicas sem cimento

PRODUTO	TIPO	ESPESSURA (mm)	ÁREA DA SEÇÃO (mm ²)	ALONGAMENTO (mm)	FORÇA DE RUPTURA (N)	TENSÃO DE RUPTURA (MPa)
1	A	0,98 ± 0,06	49,08 ± 3,37	7,29 ± 1,30 Classe A5 (EN 1062-7)	140 ± 7,55	2,85 ± 3,71
	B	0,95 ± 0,07	47,31 ± 3,26	3,30 ± 0,08 Classe A5 (EN 1062-7)	35 ± 4,58	0,74 ± 0,06
	C	0,83 ± 0,10	41,79 ± 4,84	3,22 ± 0,26 Classe A5 (EN 1062-7)	31 ± 4,58	0,74 ± 0,19
2	A	0,92 ± 0,11	46,21 ± 5,51	6,24 ± 0,32 Classe A5 (EN 1062-7)	187 ± 27,22	4,05 ± 1,31
	B	0,43 ± 0,15	21,32 ± 7,14	1,47 ± 1,27 Classe A4 (EN 1062-7)	6 ± 5,19	0,28 ± 0,35
	C	0,20 ± 0,09	10 ± 4,51	-	-	-
3	A	1,13 ± 0,09	57,89 ± 4,46	7,24 ± 2,21 Classe A5 (EN 1062-7)	222 ± 13,75	3,83 ± 0,35
	B	0,43 ± 0,03	21,15 ± 1,33	1,77 ± 0,21 Classe A4 (EN 1062-7)	24 ± 2,52	1,15 ± 0,24
	C	0,26 ± 0,04	12,86 ± 1,96	0,99 ± 0,91 Classe A3 (EN 1062-7)	14 ± 12,12	1,10 ± 0,99
4	A	1,16 ± 0,14	58,50 ± 7,18	5,25 ± 0,16 Classe A5 (EN 1062-7)	153 ± 54	2,62 ± 0,43
	B	0,68 ± 0,01	34,53 ± 1,49	2,89 ± 0,63 Classe A5 (EN 1062-7)	77 ± 6,25	2,23 ± 0,05
	C	0,63 ± 0,10	32,08 ± 9,54	2,36 ± 0,14 Classe A4 (EN 1062-7)	62 ± 4,58	1,93 ± 0,20
5	A	0,84 ± 0,08	43,17 ± 4,51	5,72 ± 1,01 Classe A5 (EN 1062-7)	148 ± 7,55	3,43 ± 0,25
	B	0,93 ± 0,16	46,62 ± 7,86	3,72 ± 0,84 Classe A5 (EN 1062-7)	65 ± 19	1,39 ± 0,15
	C	0,34 ± 0,06	17,45 ± 2,84	1,67 ± 0,63 Classe A4 (EN 1062-7)	26 ± 1,73	1,49 ± 0,08
6	A	0,81 ± 0,16	40,23 ± 7,94	6,32 ± 0,57 Classe A5 (EN 1062-7)	164 ± 38,64	4,08 ± 0,56
	B	0,58 ± 0,07	29,35 ± 3,91	2,21 ± 0,72 Classe A4 (EN 1062-7)	28 ± 1,73	0,95 ± 0,15
	C	0,34 ± 0,04	17,10 ± 1,98	1,85 ± 0,43 Classe A4 (EN 1062-7)	20 ± 1,73	1,17 ± 0,50

Fonte: autores, 2022.

Notas: A – amostras com estruturante; B – amostras com consumo aumentado em 10%; C – amostras com consumo recomendado pelo fabricante. Médias e desvios-padrão foram obtidos de amostras escolhidas aleatoriamente dentre as amostras pertencentes a cada tipologia. Os resultados de alongamento e de força de ruptura foram obtidos a partir da leitura do equipamento no momento da detecção visual do rompimento da membrana. O resultado de tensão de ruptura foi calculado a partir da espessura e da área da seção transversal da camada impermeabilizante. O Produto 2 não gerou amostras viáveis na tipologia C, isto é, ao serem utilizados os consumos indicados pelo fabricante do Produto 2 na confecção das amostras, houve o rompimento precoce da membrana, inviabilizando o teste.

Tabela 2 - Resultados de ensaios CBA para os produtos 2 e 3 com consumo de 2,2 kg/m²

PRODUTO	ESPESSURA (mm)	ÁREA DA SEÇÃO (mm ²)	ALONGAMENTO (mm)	FORÇA DE RUPTURA (N)	TENSÃO DE RUPTURA (MPa)
2	0,70 ± 0,04	35,42 ± 2,13	2,5 ± 0,57 Classe A5 (EN 1062-7)	19 ± 9,17	0,54 ± 0,31
3	1,35 ± 0,32	69,29 ± 16,66	3,15 ± 0,78 Classe A5 (EN 1062-7)	63 ± 7,94	0,91 ± 0,15

Fonte: autores, 2022.

Notas: Médias e desvios-padrão foram obtidos de amostras escolhidas aleatoriamente dentre as amostras pertencentes a cada tipologia.

É possível notar que os desempenhos dos Produtos 2 e 3 nos ensaios CBA apresentaram valores significativamente superiores de alongamento, quando utilizados consumos padronizados de 2,2 kg/m², em comparação àqueles resultantes da utilização do consumo indicados pelos fabricantes. Os valores a 2,2 kg/m² de consumo foram superiores, também, àqueles encontrados para valores aumentados em 10% aos consumos indicados pelos fabricantes.

Observa-se que a utilização de um valor de consumo padronizado em 2,2 kg/m², buscando igualar os consumos de todos os produtos, para os Produtos 2 e 3, teve como consequências: a) a viabilidade das amostras feitas com o Produto 2 e a execução do ensaio de CBA completo, com a possibilidade de determinar alongamento e da força de ruptura das camadas impermeabilizantes; b) o aumento das espessuras das camadas impermeabilizantes e a promoção das classificações baseadas no alongamento, de acordo com a Norma EN 1062-7 (2004); c) o aumento bastante significativo da força de ruptura e da tensão de ruptura do Produto 2; d) o aumento da força de ruptura do Produto 3, que não foi convertido em tensão devido ao aumento muito significativo da espessura da camada impermeabilizante.

Quando comparado ao desempenho no ensaio de alongamento, os resultados de tensão podem parecer antagônicos. Entretanto, a tensão é indiretamente dependente da espessura. No caso do Produto 2, a espessura da camada permaneceu "fina", mesmo com um valor alto de consumo. A espessura desta camada foi suficiente para melhorar a medida de alongamento, isto é, para aumentar a plasticidade do produto devido à maior interação molecular causada pela quantidade de material, e aumentar a força de rompimento de modo proporcional, resultando em um valor de tensão maior que aquele observado com o aumento de somente 10% do consumo.

O Produto 3, por sua vez, teve a espessura aumentada, mas não foi capaz de apresentar força de ruptura proporcional a esse aumento, resultando em uma tensão mais baixa que àquela encontrada para um aumento de 10% no consumo. Tal fenômeno foi observado, também, para o Produto 4.

Considerações Finais

Este trabalho se propôs a comparar valores de CBA para diferentes materiais impermeabilizantes, mas especificamente, membranas acrílicas sem cimento, disponíveis no mercado nacional.

Os resultados mostraram que a utilização da tela estruturante promove uma melhora de desempenho nos ensaios CBA de alongamento de todos os produtos. As membranas suportadas com tela nos ensaios de CBA mostraram que a sua utilização resulta em valores que classificam todos os produtos como Classe A5, a mais alta da norma EN 1062-7 (2004).

Ao se determinar a força de ruptura e se calcular a tensão, que é inversamente proporcional à espessura da membrana, notou-se que a melhoria no desempenho no ensaio de alongamento não necessariamente resulta em melhoria de desempenho global. As divergências observadas nos valores de alongamento, força e tensão de ruptura obtidos para as amostras, indicam que o alongamento pode não ser a única dimensão importante na análise da capacidade de absorção da tensão imposta pela trinca nos sistemas impermeabilizantes. Há outros fatores como plasticidade, interações moleculares e rigidez, enfim, características intrínsecas das matérias primas dos produtos avaliados que influenciam nos valores obtidos nos ensaios.

Ao padronizar os consumos, foi possível perceber que houve melhora no desempenho do alongamento dos

Produtos 2 e 3, cujos consumos foram padronizados para 2,2 kg/m², indicando que a utilização de consumos maiores que os indicados pelos fabricantes destes produtos, é fator importante para a comparação de membranas acrílicas sem cimento disponíveis no mercado.

De acordo com os resultados apresentados, os pesquisadores consideram que há evidências que diferenciam os valores obtidos nos ensaios CBA para os diferentes produtos considerados, não somente entre diferentes situações para o mesmo produto, como também, para diferentes produtos nas mesmas situações de uso.

Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13321 – Membrana acrílica para impermeabilização. Rio de Janeiro, 2008.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15885 – Membrana de Polímero Acrílico com ou sem cimento, para impermeabilização. Rio de Janeiro, 2010.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9574 – Execução de Impermeabilização. Rio de Janeiro, 2008.
- AKCELRUD, L. (2007). Fundamentos da ciência dos polímeros. Editora Manole Ltda.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. C1305/C1305M: Standard Test Method for Crack-Bridging Ability of Liquid-Applied Waterproofing Membrane. West Conshohocken, United States, 2016a.
- DELUCCHI, M.; BARBUCCI, A.; CERISOLA, G. Crack-Bridging Ability and liquid water permeability of protective coatings for concrete. *Progress in Organic Coatings*, v. 33, n. 1, p. 76-82, 1998.
- DELUCCHI, M.; BARBUCCI, A.; CERISOLA, G. Crack-Bridging Ability of organic coatings for concrete: influence of the method of concrete cracking, thickness and nature of the coating. *Progress in Organic Coatings*, v. 49, n. 4, p. 336-341, 2004.
- DELUCCHI, M.; CERISOLA, G. Influence of temperature on Crack-Bridging Ability of coatings for concrete. *Progress in Organic Coatings*, [S. l.], v. 75, n. 3, p. 253-258, 2012.
- DOS SANTOS, Julie Anne B.; MONTE, Renata. Evaluation of the Crack-Bridging Ability of waterproofing membranes using indirect tensile test and digital image correlation. *Journal of Building Engineering*, v. 45, p. 103667, 2022.
- DOS SANTOS, Julie Anne Braun; SANTOS, Felipe Pereira; MONTE, Renata. Avaliação da transferência de fissuras em sistemas de impermeabilização aderidos. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, v. 12, p. e021003-e021003, 2021.
- EUROPEAN STANDARD. 1062-7: Paints and varnishes Coating materials and coating systems for exterior masonry and concrete Part 7: Determination of crack bridging properties. Brussels, 2004.
- GRANATO, J.E. Patologia das construções. Apostila, 2002. Disponível em: <http://irapuama.dominiotemporario.com/doc/Patologiadasconstrucoes2002.pdf>. Acessado em: 20/04/2023.
- HOLTER, K.G. Performance of EVA-Based membranes for SCL in hard rock. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 2016.
- MORAES, C.R.K. Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre. 2002, 91p. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) – UFRGS.
- NASCIMENTO, A.; OLIVEIRA, D.P.; BRANDÃO, P.R.S.; MOREIRA, K.A.W. Projeto de Impermeabilização Como Medida Preventiva de Manifestações Patológicas em Edificações – Estudo de Caso. *Revista Eletrônica Multidisciplinar FACEAR* (ISSN: 2316-2317)
- SALGADO, M.S. Gestão do Processo de Projeto na Construção do Edifício – revisão 1. Apostila. GEPARQ – Grupo de Pesquisa Gestão em Projetos de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.
- SOARES, F.F. A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- SOUZA, M.F. Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. 2008. 64f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

^aFrancisco Rey Puente

Engenheiro Químico, Especialista em Impermeabilização
Icobit Brasil, 01.046-010 – São Paulo – São Paulo – Brasil

^bLuis Cesar Siqueira De Luca

deluca@idd.edu.br

Engenheiro Civil, Mestre em Estruturas, Docente

^cAndressa Margareth Assaka

andressa.assaka@idd.edu.br

Engenheira Química e Administradora, Doutora em Química, Doutora em Administração, Docente

*Faculdade IDD, 80.010-050 – Curitiba – Paraná – Brasil