



15º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização 2018
04 e 05 Junho 2018 – São Paulo – Brasil

Estudo comparativo entre ensaios de desempenho e de caracterização de membranas de poliuréia e poliuretano

Paulo Henrique C de O Vasconcelos
Brasprefer


Realização:




Instituto de Impermeabilização

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

- Seria esperado que nas normas específicas de cada sistema impermeabilizante, os requisitos de dimensionamento em função do atendimento às características citadas na NBR 9575:2010, fossem abordados, mas o que se verifica é que essas normas se limitam a tipificar os novos materiais impermeabilizantes com relação as suas propriedades e requisitos mínimos de fabricação sem que haja uma correlação entre eles e o desempenho desejado para o sistema aplicado.




15º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização 2018
04 e 05 Junho 2018 – São Paulo – Brasil




Instituto de Impermeabilização

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

- Limitações técnicas, mecânicas e logísticas nos sistemas tradicionais de base asfáltica, fazem com que o mercado da construção procure sistemas puramente poliméricos.
- Nesse cenário, sistemas elastoméricos a base de poliuretano e poliuréia começam a ter seu uso adotado com bem mais frequência, notadamente em lajes expostas sujeitas a tráfego veicular.




15º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização 2018
04 e 05 Junho 2018 – São Paulo – Brasil




Instituto de Impermeabilização

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

- Para melhor elucidar a questão posta, toma-se como exemplo a NBR 15487:2007 “Membrana de Poliuretano para Impermeabilização”, que apresenta o requisito de que uma membrana de Poliuretano deve atingir um alongamento mínimo de 50% e resistência à tração na ruptura mínima de 2,0 MPa. No entanto, não sabemos se estes parâmetros são adequados e suficientes para a aplicação em uma laje de concreto armado que apresenta movimentações de origem térmica, estrutural, por carregamento e peso próprio, e até mesmo retrações plásticas e de outras origens.




15º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização 2018
04 e 05 Junho 2018 – São Paulo – Brasil




Instituto de Impermeabilização

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

- Os sistemas impermeabilizantes a base de elastômeros de poliuréia e poliuretano, por serem compostos por materiais de elevado desempenho, destinados a aplicações mais nobres e apresentarem custos mais elevados, justificam a necessidade de um melhor estudo sobre os seus respectivos desempenhos.




15º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização 2018
04 e 05 Junho 2018 – São Paulo – Brasil




Instituto de Impermeabilização

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

- Portanto, a impermeabilização de elementos construtivos se torna uma atividade empírica, projetada e especificada com base na experiência do profissional desta área de conhecimento, sem qualquer proximidade com aspectos e abordagem científica



15º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização 2018
04 e 05 Junho 2018 – São Paulo – Brasil



Instituto de Impermeabilização

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

- Nesse contexto, este trabalho se destina a contribuir nesta questão buscando estabelecer correlações entre as propriedades mecânicas dos elastômeros de poliuretano e poliuréia (notadamente abrasão e alongamento) com os seus respectivos desempenhos enquanto sistemas impermeabilizantes aplicados.

PROGRAMA EXPERIMENTAL

- Seleção das membranas de poliuretano

Membrana Selecionada	Teor de sólidos	Resistência à Tração na ruptura	Alongamento	Dureza Shore A	
Membrana Multicamadas de Poliuretano	Camada de base	90-92%	3,0 - 3,2 MPa	600-700%	50-60
	Camada Intermediária	82%	5,2 MPa	90%	60-70
	Camada Superior	72%	22 MPa	120%	85-95

PROGRAMA EXPERIMENTAL



PROGRAMA EXPERIMENTAL

NUMERO	DESCRIÇÃO	SISTEMA PESQUISADO	CÓDIGO DA PESQUISA	CAMADA(S) DO SISTEMA IMPERMEABILIZANTE	TÉCNICA DE APLICAÇÃO	ESPESSURA DESEJADA PARA O ESTUDO
1	POLIURÉIA HÍBRIDA APLICADA A QUENTE COM ALTO ALONGAMENTO	1	1A	PRIMER + POLIURÉIA 1	EQUIPAMENTO PLURAL	2 mm
		2	1C	PRIMER + CAMADA BASE EM POLIURETANO + POLIURÉIA 1	EQUIPAMENTO PLURAL E DESEMPENHADA	3 mm
2	POLIURÉIA PURA APLICADA A QUENTE COM ALTO ALONGAMENTO	3	2A	PRIMER + POLIURÉIA 2	EQUIPAMENTO PLURAL	2 mm
		4	2C	PRIMER + CAMADA BASE EM POLIURETANO + POLIURÉIA 2	EQUIPAMENTO PLURAL E DESEMPENHADA	3 mm
3	POLIURÉIA HÍBRIDA APLICADA A QUENTE COM BAIXO ALONGAMENTO	5	3A	PRIMER + POLIURÉIA 3	EQUIPAMENTO PLURAL	2 mm
		6	3C	PRIMER + CAMADA BASE EM POLIURETANO + POLIURÉIA 3	EQUIPAMENTO PLURAL E DESEMPENHADA	3 mm
4	POLIURETANO	7	4A	MULTICAMADAS DE MEMBRANAS DE POLIURETANO	ROLO DESEMPENHADA METÁLICA	2 mm

PROGRAMA EXPERIMENTAL

- Seleção das membranas de poliuréia

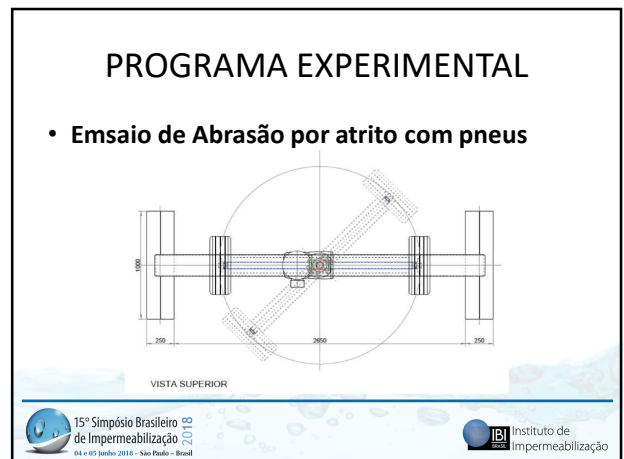
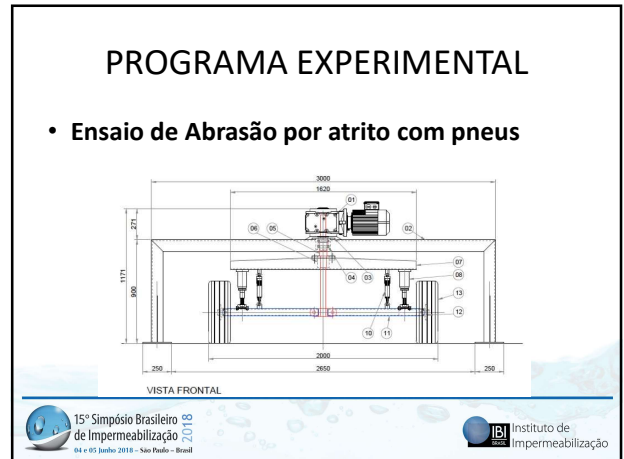
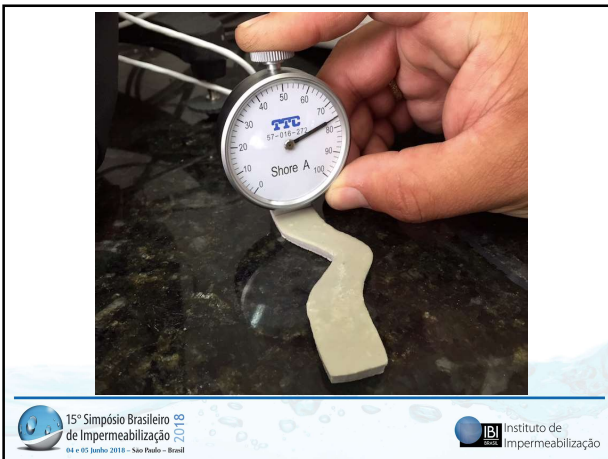
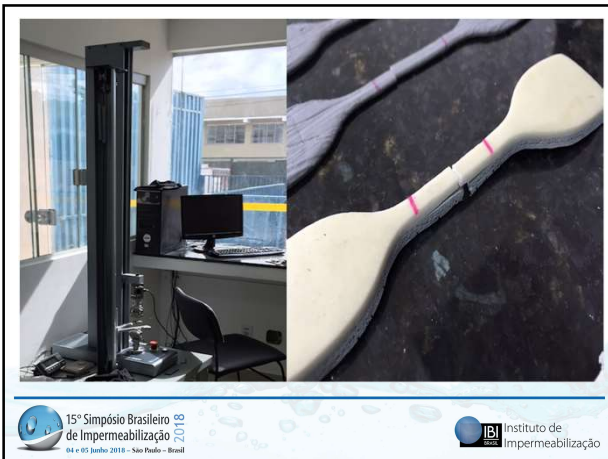
MEMBRANA SELECIONADA	TIPO DE APLICAÇÃO	COMPOSIÇÃO QUÍMICA	ELASTICIDADE	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E AO RASGO	DUREZA
POLIURÉIA 1	À QUENTE	HÍBRIDA	ALTO ALONGAMENTO	MÉDIA	MÉDIA
POLIURÉIA 2	À QUENTE	PURA	ALTO ALONGAMENTO	MÉDIA	MÉDIA
POLIURÉIA 3	À QUENTE	HÍBRIDA	BAIXO ALONGAMENTO	ALTA	ALTA

PROGRAMA EXPERIMENTAL

Ensaios de caracterização

- Alongamento da Ruptura (ASTM D412)
- Resistência à Abrasão (DIN ISO 4649:2006)
- Dureza Shore A







15º Simpósio Brasileiro
de Impermeabilização
2018
04 e 05 Junho 2018 - São Paulo - Brasil

IBI
Instituto de
Impermeabilização

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- É possível notar que no caso das poliuréticas, houve uma relação inversa entre a dureza e o IRA(%), que será discutido posteriormente. Verifica-se também que a membrana final do sistema 4A obteve um alongamento inferior ao de cada camada se analisada isoladamente; isso pode ser atribuído à aspersão dos agregados na camada intermediária

15º Simpósio Brasileiro
de Impermeabilização
2018
04 e 05 Junho 2018 - São Paulo - Brasil

IBI
Instituto de
Impermeabilização



15º Simpósio Brasileiro
de Impermeabilização
2018
04 e 05 Junho 2018 - São Paulo - Brasil

IBI
Instituto de
Impermeabilização

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Resultado dos ensaios de desempenho

- Flexão de lajes

CÓDIGO	IDADE	FECHA MÁXIMA NO VÃO CENTRAL (mm)	CARGA NO MOMENTO DO ROMPIMENTO DA MEMBRANA (t)	ABERTURA MÁXIMA DAS FISSURAS NO ROMPIMENTO DA MEMBRANA NAS LAJES DE CONCRETO (mm)	OBSERVAÇÃO
1A	30/40 DIAS	64,94	6,00	4,98	
1C	30/40 DIAS	21,60	8,00	4,23	
2A	30/40 DIAS	64,53	7,50	10,72	MEMBRANA NÃO RASGOU
2C	30/40 DIAS	68,13	8,50	10,65	MEMBRANA NÃO RASGOU
3A	30/40 DIAS	10,10	9,50	2,95	
3C	30/40 DIAS	11,42	9,50	3,97	
4A	30/40 DIAS	20,51	9,50	2,25	

15º Simpósio Brasileiro
de Impermeabilização
2018
04 e 05 Junho 2018 - São Paulo - Brasil

IBI
Instituto de
Impermeabilização

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- Resultados dos ensaios de caracterização

SISTEMA PESQUISADO	ALONGAMENTO EM %	DUREZA (SHORE A)	ÍNDICE DE RESISTÊNCIA À ABRASÃO - IRA (%)
1A	338,00	64	90%
2A	383,20	82	78%
3A	74,67	93	63%
4A	82,00	76	38%

15º Simpósio Brasileiro
de Impermeabilização
2018
04 e 05 Junho 2018 - São Paulo - Brasil

IBI
Instituto de
Impermeabilização

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Abrasão por ação de pneus

DESGASTE SUPERFICIAL	PATOLOGIA MEMBRANA
1 SEM DESGASTE APARENTE	1 NENHUMA
2 DESGASTE SUPERFICIAL INICIAL	2 DESCCLAMENTO DO PRIMER
3 DESGASTE SUPERFICIAL MEDIANO	3 DESCCLAMENTO DA CAMDA DE BASE
4 DESGASTE SUPERFICIAL AVANÇADO	4 FISSURAÇÃO
5 DESGASTE TOTAL	

15º Simpósio Brasileiro
de Impermeabilização
2018
04 e 05 Junho 2018 - São Paulo - Brasil

IBI
Instituto de
Impermeabilização

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

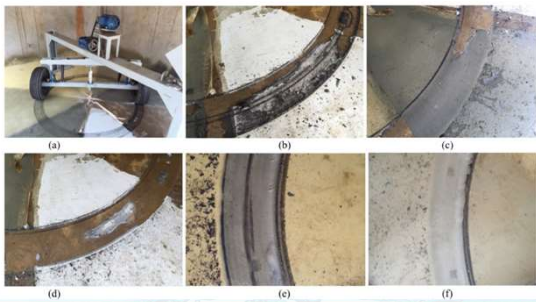
Abrasão por ação de pneus

CICLOS	INTERCORRÊNCIA PRINCIPAL	FOTOS	PATOLOGIA MEMBRANA					DESGASTE SUPERFICIAL								
			1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
0	INÍCIO DO ENSAIO	a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2160	DESGASTE AVANÇADO DO SISTEMA 4A	b	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1
4640	DESCOLAMENTO DA CAMADA DE BASE DO SISTEMA 3C	c	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1	4	1	1
4960	DESGASTE TOTAL DO SISTEMA 4A	d	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1	5	1	1
7120	DESCOLAMENTO DA CAMADA DE BASE DO SISTEMA 1C (BOUHAS)	e	1	1	1	3	3	1	3	1	1	1	1	5	1	1
8480	DESCOLAMENTO DA CAMADA DE BASE DO SISTEMA 2C (BOUHAS)	f	1	1	1	3	3	3	4	2	1	1	1	5	2	1
10000	FISURAS DO SISTEMA 3A	g	1	1	4	3	3	3	4	3	2	1	1	5	3	2
11200	DESCOLAMENTO EM TODO TRECHO DA CAMADA DE BASE DO SISTEMA 1C E 2C	h, i	1	1	4	3	4	4	4	3	2	1	1	5	3	2
17200	TERMINO DO ENSAIO COM OS SISTEMAS 1A E 2A PRÓXIMOS AS CONDIÇÕES FINAIS DE SERVIÇO	j, k, l	1	1	4	3	4	4	4	4	3	2	5	4	3	2

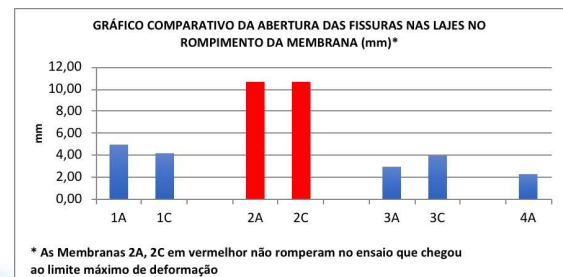
RESULTADOS EXPERIMENTAIS

MEMBRANA	CICLOS TOTAIS	CICLOS EM ESTADO DE SERVIÇO	ESPESSURA INICIAL (mm)	ESPESSURA FINAL (mm)	DIFERENÇA DE ESPESSURA (mm)	MASSA INICIAL (mg)	MASSA FINAL (mg)	DIFERENÇA DE MASSA (mg)	PERDA DE MASSA POR CICLO (1000) (mg X 1000)/ciclo	PERDA DE ESPESSURA POR CICLO (mm X 1000)/ciclo
1A	17200	17200	1,98	1,43	0,55	400	281	119	6,90	0,0320
2A	17200	17200	2,04	1,58	0,46	388	282	106	6,13	0,0267
3A	17200	10000	1,73	1,42	0,31	327	254	73	4,23	0,0180
4A	4960	2160	2,11	0,00	2,11	481	0	481	96,96	0,4254
1C	17200	7120	2,44	1,30	1,14	989	723	266	15,45	0,0663
2C	17200	8480	2,22	1,39	0,83	492	279	212	12,34	0,0483
3C	17200	4640	2,43	1,62	0,81	524	322	202	11,74	0,0471

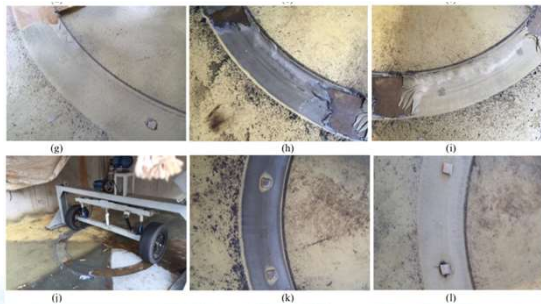
RESULTADOS EXPERIMENTAIS



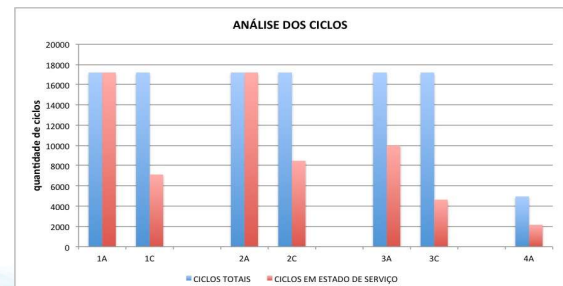
ANÁLISE DOS RESULTADOS



RESULTADOS EXPERIMENTAIS



ANÁLISE DOS RESULTADOS



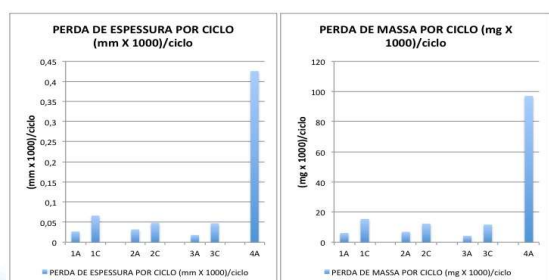
ANÁLISE DOS RESULTADOS



CONCLUSÕES

- O sistema 4A teve resultados no ensaio de caracterização inferiores aos de cada camada constituinte isoladamente, de acordo com os parâmetros informados pelo fabricante.
- Os ensaios de desempenho refletiram os baixos resultados dos ensaios de caracterização, com destaque negativo para o ensaio de abrasão por pneus.

ANÁLISE DOS RESULTADOS



CONCLUSÕES

- Para o grupo de poliuréias aplicadas a quente, foi possível observar uma correlação entre a dureza e o ensaio de abrasão por pneus, bem como, entre o ensaio de abrasão por lixamento (DIN ISO 4649) e o ponto mais relevante é que essas correlações são inversamente proporcionais. Ou seja, as poliuréias mais duras, foram mais abradidas no ensaio da norma referida enquanto, quando submetida ao atrito dos pneus, pouco se desgastaram.

CONCLUSÕES

- A poliuréia 1 obteve um bom resultado de alongamento se comparado aos demais sistemas. A poliuréia 2, apesar de ter apresentado o mesmo patamar de resultado de alongamento da poliuréia 1, conseguiu se deformar e se acomodar por sobre aberturas maiores de fissuras nos ensaios de flexão das lajes. Ainda nestes ensaios, a poliuréia 3, se comportou conforme se esperava tendo em vista os baixos resultados de alongamento obtidos no ensaio de caracterização de sua membrana.

CONCLUSÕES

- No entanto, não se pode concluir que as poliuréias mais duras são melhores para tráfego veicular pela menor abrasão por ação de pneus, tendo em vista que resistiram menor quantidade de ciclos de tráfego dos pneus, por não terem suportado os esforços mecânicos inerentes ao ensaio, e com isso, terem se fissurado e posteriormente se descolado do substrato.

CONCLUSÕES

- Finalmente, conclui-se a importância de se valer cada vez mais de ensaios de desempenho para a realização de melhores especificações. A norma brasileira que apresenta os requisitos mínimos de membranas de poliuréia já foi redigida, todavia, tal qual a norma de poliuretanos para impermeabilização, não oferece parâmetros de especificação ou dimensionamento das características técnicas de uma membrana em função do local e solicitação às quais será submetida.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9229. Mantas de butil para impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- _____. NBR 9396. Elastômeros em solução para impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- _____. NBR 9574. Execução de impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- _____. NBR 9575. Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- _____. NBR 15487. Membrana de poliuretano para impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- _____. NBR 16545. Revestimentos de alta espessura com sistemas de poliuréia/poliuretano – Requisitos de desempenho. Rio de Janeiro, ABNT, 2016

CONCLUSÕES

- Como contribuição técnica e científica, sugere-se que seja feita uma norma específica para dimensionamento de membranas moldado em loco (seja qual base química for) em função dos requisitos mecânicos, físicos e químicos as quais estarão sujeitas quando aplicadas, bem como reforçar o estudo do comportamento dessas membranas levando-se em consideração a ação dos raios U.V. tendo em vista que suas maiores aplicações são em áreas expostas.

REFERÊNCIAS

- BAUER, Elton; GRANATO, José Eduardo; VASCONCELOS, Paulo H. IBRACON - MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, CAP 41. Sistemas de impermeabilização e Isolamento Térmico. São Paulo, IBRACON, 2007.
- BAUER, Elton; VASCONCELOS, Paulo H. Comparação de Propriedades Mecânicas de alguns Impermeabilizantes a Base de Elastômeros de Poliuréia Disponíveis no Brasil, Congresso Internacional de Poliuretanos, FEIPUR, São Paulo, 2014.
- DEUTSCHE NORM ISO 4649:2006 - Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of abrasion resistance using a rotating cylindrical drum device; DIN, Berlin, 2006
- EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, ETAG 005: PART 1. General – Bruxelas, EOTA, 2004
- _____. ETAG 005: PART 6. Specific Stipulations For Kits Based On Polyurethane – Bruxelas, EOTA, 2004
- GRANATO, José Eduardo. Sistemas de Impermeabilização de Poliuretano Expostos às Intempéries e Sujeitos a Trânsito de Pessoas ou Veículos. Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, IBI, São Paulo, 2014
- OLIVEIRA, P. S.; Engenharia de Polímeros – PU e Poliuréia. Apostila – Qualificação profissional em projetos e consultoria de impermeabilização. São Paulo:PINI, 2004.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM D412; Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers - Tension (D412 – 06a). ASTM, West Conshohocken, 2013.
- _____. ASTM D2240. "Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness (D2240 – 05)". ASTM, West Conshohocken, 2010.
- _____. ASTM D4060. Standard Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser (D4060 – 10)." ASTM, West Conshohocken, 2010.
- _____. ASTM G154. "Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials (G154 – 12a)". ASTM, West Conshohocken, 2012.

REFERÊNCIAS

- TRIPP Ishmael; MOON, Neil; BLOSSER, Catherine. Low Pressure Applied Polyurea – The Next Generation; Elastomer Specialties Division - 2002
- THE SOCIETY FOR PROTECTIVE COATING, SSPC 14. Application of Thick Film Polyurea and Polyurethane Coatings to Concrete and Steel Using Plural-Component Equipment, Pittsburgh, EUA, 2013.
- _____. SSPC 45. "Two-Component, Thick-Film Polyurea and Polyurea/Polyurethane Hybrid Coatings, Performance-Based". SSPC, Pittsburgh, EUA, 2013.
- VASCONCELOS, Paulo Henrique; GRANATO, José Eduardo; CAMPIOTO, Everton; Impermeabilização De Lajes De Estacionamento De Veículos; Blog Materiais e Materiais – LEM - UnB, Brasília, 2012
- VILAR, Walter - Química e Tecnologia de Poliuretanos, 3a Ed., Vilar Consultoria, Rio de Janeiro, Dez/2004.

REFERÊNCIAS

- PICCHI, Flávio Augusto. Impermeabilização de Coberturas, PINI, São Paulo, 1986
- PRIMEAUX, Dudley J. II; HANSON, Lee; SCOTT, Ray V. The True Polyurea Spray Elastomer Story: Chemistry, Advances and Applications, Apresentação no Encontro da Associação de Formuladores de Resinas Termofixas no Hyatt Regency Montreal em Montreal, Quebec, Canada; Setembro - 2006.
- RAMAN S.N.; NGO T.; LU J.; MENDIS P. Experimental Investigation on the Tensile Behavior of Polyurea at High Strain, Materials and Design, Elsevier, Oxford, Reino Unido, 2013
- RETO, Maria A. S.. Poliuretano, Revista PLASTICO MODERNO, edição 419; São Paulo, Setembro 2009
- ROLAND, C.M.; TWIGG J.N.; VU Y.; MOTT, P.H.. High strain rate mechanical behavior of polyurea; Polymer, ScienceDirect, Whashington DC, EUA, 2006
- TAKAGI, E. M.; ALMEIDA JUNIOR, W. Utilização de tecnologias de injeção para o aumento da durabilidade das estruturas de concreto armado. IBRACON, São Paulo, 2002.



15º Simpósio Brasileiro
de Impermeabilização
2018
04 e 05 Junho 2018 - São Paulo - Brasil



15º Simpósio Brasileiro
de Impermeabilização
2018
04 e 05 Junho 2018 – São Paulo – Brasil

VASCONCELOS, Paulo Henrique
Mestre em Estrut. e Constr. Civil – UnB
Brasprefer Indústria e Comércio LTDA
Brasília / DF
ph@brasprefer.com.br

BAUER, Elton
Prof. Dr. Chefe do L.E.M. - UnB
Universidade de Brasília - UnB
Brasília / DF
elbauerlem@gmail.com

Patrocínio:



ExxonMobil



Realização:



Instituto de
Impermeabilização