

# IMPERMEABILIZAÇÃO COM MEMBRANAS MOLDADAS IN LOCO PARA AMBIENTES QUÍMICOS AGRESSIVOS

Josué Garcia Quini  
Paulo Roberto Leite Ferraz

## RESUMO

A impermeabilização de ambientes sujeitos ao contato com substâncias químicas agressivas tem sido um campo de trabalho propício ao uso de membranas moldadas in loco. Dentre elas destacam-se as membranas uretânicas e epoxídicas devido a sua abrangência de possibilidades e facilidade de aplicação.

No presente trabalho serão abordadas as diferenças entre os sistemas supracitados, os métodos para avaliação do sistema mais apropriado a cada situação, as limitações de uso, as técnicas de aplicação e os exemplos de áreas onde podem ser usados estes materiais.

Palavras chave: ambiente químico agressivo, impermeabilização, poliuretano, epóxi.

## INTRODUÇÃO

Ambientes sujeitos à presença de agentes químicos agressivos representam um campo de aplicação para ser explorado pelos aplicadores de impermeabilizantes. Tais ambientes são verificados em estações de tratamento de água e esgoto, e indústrias químicas, como por exemplo, as galvanicas, de papel e celulose, petroquímicas, entre outras.

A impermeabilização de áreas sujeitas ao contato com agentes químicos agressivos deve ser efetuada empregando-se materiais que possam suportar a agressividade química destes agentes. A capacidade de suportar estes agentes está relacionada estritamente com a natureza química de sua composição. Por isso um estudo prévio das condições presentes no ambiente deve ser feito visando conhecer todos os agentes químicos presentes, ou potencialmente presentes, antes da seleção da técnica e materiais a serem empregados.

A moldagem in loco de membranas de poliuretano ou epóxi representam alternativas muito interessantes para os projetistas e aplicadores, a fim de garantir a estanqueidade em ambientes onde a agressividade química pode causar perda da estanqueidade.

## AMBIENTES QUÍMICOS AGRESSIVOS

As condições que caracterizam os ambientes químicos agressivos são a presença de substâncias químicas capazes de promover danos à impermeabilização, causar infiltrações e vazamentos, e comprometer a estanqueidade de um sistema. Dentre as diversas substâncias potencialmente causadoras de agressão química, as mais comuns são: solventes, ácidos, bases, sais, gases e outros compostos químicos. A combinação destas substâncias, bem como a temperatura de exposição, também implica em um aumento da agressividade e deve ser avaliada com critério.

Exemplos de ambientes químicos agressivos podem ser encontrados em estações de tratamento de água e esgoto, quer nos tanques de tratamento quer nas áreas de armazenamento e contenção de matérias-primas usadas. Especificamente em estações de tratamento de esgoto, a liberação de gases contendo enxofre ( $H_2S$  e mercaptanas), nitrogenados ( $NH_3$  e aminas), fenóis, aldeídos, álcoois, e ácidos orgânicos (CARVALHO, 2001) que podem causar corrosão da armadura e comprometer a estrutura dos tanques, nestes casos a impermeabilização deve resistir não somente aos líquidos mas também aos gases gerados no processo que podem ser deletérios ao concreto. Dependendo do processo de tratamento e do tipo de esgoto, se doméstico ou industrial, a complexidade aumenta e a seleção de um sistema requer a observância de todos os fatores presentes. Por este motivo a impermeabilização de tanques fechados de tratamento de esgoto deve ser feita não somente na base e nas laterais, mas também no teto para evitar o contato com estes gases oriundos do processo de tratamento de esgoto.

O uso de impermeabilizantes em áreas industriais também se faz necessário principalmente em áreas como piso de galpões e bacias de contenção de produtos químicos, em indústrias galvânicas, petroquímicas, químicas em geral e usinas de álcool (LAVOIE, et al, 2013).

## **IMPERMEABILIZANTE DE POLIURETANO**

Os poliuretanos podem ser formulados para inúmeras aplicações em diversos segmentos como espumas rígidas, espumas flexíveis, elastômeros, tintas, adesivos, selantes e impermeabilizantes (QUINI, 2011).

Em geral são produtos bicomponentes formados pela reação de um componente contendo hidroxilas (polióis) e outro componente formado por isocianatos, ambos líquidos com baixa viscosidade. Após a mistura dos dois componentes tem-se o tempo de manuseio para espalhamento do produto no substrato, também chamado de pot life ou gel time. Decorrido este tempo, ocorre um aumento da viscosidade e solidificação do produto, na qual são formadas as ligações uretânicas e então uma membrana é formada (VILAR, 2002).

O impermeabilizante de poliuretano geralmente é composto por um sistema bicomponente formado pelo componente A a base de polioliol e B a base de isocianatos. Estes sistemas são apresentados na obra em embalagens fracionadas na proporção de mistura.

A aplicação requer cuidados quanto a mistura dos componentes, que deve ser homogênea e na proporção adequada. Em geral são sistemas que oferecem poucos riscos na sua aplicação, os equipamentos de segurança individual recomendados são luvas e roupas de proteção para evitar o contato com a pele.

As principais propriedades são elevada elasticidade, aderência ao substrato, boa resistência química, cura rápida, termofixo e pode ser utilizado também em reservatórios destinados ao armazenamento de água potável.

A utilização do poliuretano em situações em que haja presença de pressão negativa deve ser precedida pelo uso de um primer epóxi base água para contenção desta pressão, evitando assim o possível deslocamento da membrana. O mesmo primer deve ser utilizado em caso de aplicação sobre substrato úmido.

As propriedades típicas do impermeabilizante serão obtidas se este for aplicado diretamente sobre a superfície já regularizada, a qual deve estar perfeitamente seca e limpa, isenta de óleos ou graxas; a não observância destes fatores irá prejudicar a formação da membrana e comprometer o resultado esperado. Ninhos e falhas deverão ser escareados e recompostos com areia média peneirada e cimento traço 3:1; trincas deverão ser escareadas e preenchidas com mástique e utilização de camada separadora inferior e superior. Deve-se verificar a natureza da argamassa empregada na regularização, que idealmente deve ter sido preparada sem a aditivação, pois a presença de alguns aditivos pode prejudicar a penetração e aderência do produto na superfície a ser tratada.

Durante a aplicação a mistura deve ser homogênea e apresentar cor uniforme, o impermeabilizante deve ser aplicado de forma uniforme em toda a superfície. Espalhar inicialmente com um rodo ou desempenadeira e em seguida estender o filme com um rolo de pintura de modo a eliminar eventuais bolhas de ar provenientes do processo de mistura, formando uma película uniforme sobre toda a área; utilizar pincel para aplicação em locais em que o manuseio do rolo não seja indicado. Equipamentos pneumáticos airless também podem ser utilizados para aumentar a produtividade da aplicação. Aguardar até que não exista mais pegajosidade superficial.

O número de camadas a aplicar dependerá das condições do local e do acabamento da superfície, na maioria dos casos, a aplicação de duas a três camadas é suficiente para garantir uma perfeita impermeabilização, sendo o consumo total estimado entre 1,7 – 3,0 kg por m<sup>2</sup>.

Cantos vivos e arestas deverão ser arredondados com raio de aproximadamente 8 cm. Tubulações emergentes e ralos deverão estar fixados, a fim de que permitam a perfeita execução dos arremates. Junto aos ralos deverá ser previsto um rebaixamento de 1,0 cm de profundidade em uma área de aproximadamente 40 x 40 cm para reforço da impermeabilização. Nos locais sujeitos a interferências (ralos, tubulações, etc) é recomendável a utilização de estruturante como tela de poliéster, o que aumenta consideravelmente a resistência mecânica do filme; o mesmo procedimento pode ser adotado em cantos e arestas.

A utilização de estruturante pode ser feita com a finalidade de aumentar a resistência a tração, quando o projetista julgar necessário, ou ainda para garantir que seja respeitado o consumo mínimo

especificado. Telas de poliéster ou manta de poliéster não tecido são muito empregadas como estruturantes. Seu uso é feito aplicando-se a primeira demão do impermeabilizante, estendendo o estruturante sobre o mesmo durante o período em que o produto apresenta-se viscoso e com boa pegajosidade. Aplicar a próxima demão após não haver mais pegajosidade, observar que o estruturante deve ser totalmente recoberto pelo produto sem áreas com enrugamento.

A norma ABNT NBR 15487 – Membrana de Poliuretano para Impermeabilização define parâmetros de Resistência à tração, Alongamento na ruptura, Deformação permanente a compressão, Resistência ao rasgo, Flexibilidade à baixa temperatura (- 5°C), Dureza Shore A, Escorrimento (120°C), Tração e alongamento após intemperismo de 500 h, Flexibilidade (5°C) após envelhecimento acelerado (4 semanas a 80°C) e Determinação de resistência de aderência à tração. Estes parâmetros são fundamentais para diferenciação dos produtos formulados em poliuretano que são adequados para a impermeabilização. Para uso em reservatórios de água potável o produto deve atender a norma ABNT NBR 12.170 e portaria do MS Nº 2914/2011.

As formulações de poliuretano 100% sólido apresentam níveis de orgânicos voláteis abaixo de 10g/L, enquanto que formulações com solventes orgânicos podem superar em muito este índice. Para aplicações em reservatórios onde o ambiente é confinado e de precária ventilação, é recomendado o uso de produtos 100% sólidos para evitar contaminação dos aplicadores com solventes orgânicos tóxicos. A Tabela 1 a seguir apresenta algumas propriedades típicas de membranas de poliuretano para impermeabilização:

Tabela 1. Propriedades típicas de membranas de poliuretano para impermeabilização

Requisitos	Unidade	Parâmetros	Método de ensaio
Resistência à tração	MPa	2 - 5	ABNT NBR 7462
Alongamento na ruptura	%	50 - 300	ABNT NBR 7462
Deformação permanente	%	<30	ABNT NBR 10025
Resistência ao rasgo	kN/m	2 - 20	ASTM 624-C
Flexibilidade à baixa temperatura (- 5°C)	-	Atende	ABNT NBR 9952
Dureza Shore A	-	60 – 90	ABNT NBR 7456
Escorrimento (120°C)	-	Atende	ABNT NBR 9952
Tração e alongamento após intemperismo - 500 h - Perda máxima	%	<25	ASTM G154
Flexibilidade (5°C) após envelhecimento acelerado (4 semanas a 80°C)	-	Atende	ABNT NBR 9952
Determinação de resistência de aderência à tração - mínima	MPa	0,3 – 1,0	ABNT NBR 13528
Índice de VOC (Compostos orgânicos voláteis)	g/L	5 – 10	SCAQMD 1168/Method 304-91

## IMPERMEABILIZANTE EPÓXI

Na impermeabilização as membranas epóxi ocupam um lugar específico devido às suas características únicas. Sua elevada resistência química e à abrasão, têm sido seu diferencial para uso em ambientes industriais sujeitos à presença de agentes químicos agressivos como ácidos, álcalis e solventes orgânicos, como por exemplo em indústrias galvânicas e petroquímicas. Desta forma, os sistemas epóxis representam uma solução para áreas em que outros sistemas de impermeabilização não atenderiam.

As resinas epóxi são obtidas da reação da epícloridrina com bisfenol e apresentam em sua estrutura grupos terminais formados por um átomo de oxigênio ligado a dois átomos de carbono. Quando utilizado o bisfenol A, o produto obtido é denominado éter diglicidil de bisfenol A. Também

são utilizadas industrialmente outras resinas como a éter diglicidil de bisfenol F, alifáticas, cicloalifáticas, bromadas e novo lacas (MARINUCCI, 2011).

Muitas são as possibilidades de formulações com as resinas epóxi os diversos endurecedores disponíveis, que permitem atender aplicações de requisitos técnicos específicos como na fabricação de compósitos, adesivos estruturais, encapsulamentos eletrônicos, tintas e impermeabilizantes. As razões pelas quais as resinas epóxi estão presentes em diversas aplicações são: excelente resistência química, excelente resistência a abrasão, aderência a uma grande variedade de substratos, formação de filmes resistentes e possibilidade de formular produtos específicos para solucionar problemas técnicos. O sistema resina epóxi e endurecedor pode ser formulado para ser rígido ou flexível; alto ou baixo módulo; homogêneo, com cargas ou expandido; condutor ou isolante; retardante a chama; resistente ao calor e a corrosão (PETRIE, 2006).

O uso na construção civil é feito em formulações bicomponentes onde as embalagens são fracionadas na proporção de mistura. Para usos onde a membrana ficará exposta as intempéries deve-se avaliar a necessidade estética de manutenção de cor, neste caso o mais recomendado é uma pintura para acabamento. Este é um sistema também adequado para impermeabilização de áreas com incidência de tráfego de veículos.

Os principais cuidados na aplicação são a mistura homogênea, na proporção adequada e durante o tempo de pot life. A segurança para o aplicador deve ser considerada em função das características específicas de cada produto. Em geral são sistemas que oferecem poucos riscos na sua aplicação, os equipamentos de segurança individual recomendados são luvas e roupas de proteção para evitar o contato com a pele.

As propriedades principais são elevada resistência mecânica, elevada aderência ao substrato, excelente resistência química, cura rápida, termofixo e resistente ao tráfego veicular. Os sistemas epóxis apresentam excelente durabilidade para uso na construção civil, devido a excelente resistência química que apresentam. Contudo a exposição a temperaturas acima da transição vítrea do material podem comprometer o desempenho e durabilidade. Sistemas de cura ambiente usados na impermeabilização apresentam em geral transição vítrea em torno de 50 a 70°C dependendo da formulação de cada fabricante.

As formulações de membranas epóxi 100% sólido apresentam níveis de orgânicos voláteis abaixo de 0,5g/L, enquanto que formulações com solventes orgânicos usados para redução de viscosidade podem superar em muito este índice.

Dependendo da resina epóxi e do endurecedor utilizado, pode-se atingir uma resistência química muito elevada, especialmente indicada para áreas sujeitas ao contato com substâncias químicas agressivas. Também se diferenciam de outros sistemas por apresentarem resistência a abrasão adequadas ao tráfego veicular e porque podem ser usadas em situações em que haja presença de pressão positiva ou negativa.

As propriedades típicas do impermeabilizante serão obtidas se este for aplicado diretamente sobre a superfície já regularizada, a qual deve estar perfeitamente seca e limpa, isenta de óleos ou graxas; a não observância destes fatores irá prejudicar a formação da membrana e comprometer o resultado esperado. Ninhos e falhas deverão ser escareados e recompostos com areia média peneirada e cimento traço 3:1; trincas deverão ser escareadas e preenchidas com mástique e utilização de camada separadora inferior e superior.

A aplicação deve ser feita sobre superfície curada e seca pois a umidade interfere na aderência do produto. Deve-se verificar a natureza da argamassa empregada na regularização, que idealmente deve ter sido preparada sem a aditivação, pois a presença de alguns aditivos pode prejudicar a penetração e aderência do produto na superfície a ser tratada.

A mistura deve ser homogênea e apresentar cor uniforme, a agitação mecânica facilita e agiliza o processo de mistura. O impermeabilizante deve ser aplicado de forma uniforme em toda a superfície. Espalhar inicialmente com um rodo ou desempenadeira e em seguida estender o filme com um rolo de pintura de modo a eliminar eventuais bolhas de ar provenientes do processo de mistura, formando uma película uniforme sobre toda a área; utilizar pincel para aplicação em locais em que o manuseio do rolo não seja indicado. Equipamentos pneumáticos airless também podem ser utilizados para aumentar a produtividade da aplicação. Aguardar até que não exista mais pegajosidade superficial. O número de camadas a aplicar dependerá das condições do local e do acabamento da superfície; na maioria dos casos, a aplicação de duas camadas é suficiente para garantir uma perfeita impermeabilização, sendo o consumo total estimado (duas camadas) em 1,0 – 1,5 kg por m<sup>2</sup>, formando filmes de 1 a 1,5 mm de espessura.

Devido a elevada resistência a tração do epóxi, o uso de estruturantes não melhora seu desempenho. Contudo pode ser usado apenas para garantir que seja respeitado o consumo mínimo especificado. Recomenda-se que o substrato apresente caimento de 1% em direção aos ralos ou condutores de água. Cantos vivos e arestas deverão ser arredondados com raio de aproximadamente 8 cm. Tubulações emergentes e ralos deverão estar fixados, a fim de que permitam a perfeita execução dos arremates. Junto aos ralos deverá ser previsto um rebaixamento de 1,0 cm de profundidade em uma área de aproximadamente 40 x 40 cm para reforço da impermeabilização. Nos rodapés recomenda-se subir a impermeabilização em torno de 30 cm. Onde houver portas recomenda-se avançar a impermeabilização aproximadamente 50 cm por baixo dos batentes e contramarcos. Nos locais sujeitos a interferências (ralos, tubulações, etc) é recomendável a utilização de estruturante como tela de poliéster, o que aumenta consideravelmente a resistência mecânica do filme; o mesmo procedimento pode ser adotado em cantos e arestas.

As resinas epóxi podem também ser apresentadas em dispersões aquosas. Elas têm sido desenvolvidas por meio de processos de emulsificação com surfactantes. Estas dispersões podem ser empregadas em áreas úmidas como revestimentos protetivos sobre concreto e metais para atender regulamentações ambientais de redução de uso de solventes orgânicos.

Quanto a normatização até o presente momento não foi elaborada uma norma nacional para esta classe de produtos. A Tabela 2 a seguir apresenta algumas propriedades típicas de membranas epóxi para impermeabilização:

Tabela 2. Propriedades típicas de membranas de epóxi

Requisitos	Unidade	Parâmetros	Método de ensaio
Resistência à tração	MPa	10 - 40	ABNT NBR 7462
Alongamento na ruptura	%	5 – 120	ABNT NBR 7462
Resistência ao rasgo	kN/m	30 - 35	ASTM 624-C
Dureza Shore D	-	45 - 80	ABNT NBR 7456
Determinação de resistência de aderência à tração	MPa	1,4 – 1,5	ABNT NBR 13528
Índice de VOC	g/L	0,1 – 0,5	SCAQMD 1168/Method 304-91
Aderência a tração	MPa	1,0 – 2,0	NBR 13.528/10
Penetração de água sob pressão positiva e negativa (48h a 0,1MPa e 24h a 0,7MPa)	---	Estanque	NBR 10.787/94

Dentre as membranas moldadas in loco para impermeabilização o epóxi tem sido empregado em situações e obras industriais onde possa ocorrer o contato com agentes químicos altamente agressivos, como por exemplo, ácidos, bases e solventes orgânicos.

## MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA QUÍMICA

Na ausência de uma norma específica para sistemas de impermeabilização em geral, o presente trabalho utilizou a metodologia da norma ASTM D543 (Standard Practices for Evaluating the Resistance of Plastics to Chemical Reagents) adaptada para avaliar a resistência química de membranas de poliuretano e epóxi expostas a diferentes substâncias químicas. A Tabela 3 apresenta resultados típicos de resistência química de membranas uretânicas e epoxídicas para impermeabilização.

Foram preparados filmes do produto nas dimensões 50x100x1,5 mm que após 7 dias de cura a temperatura ambiente, foram submetidos ao contato direto com os reagentes químicos a temperatura de 25°C. O percentual de variação de massa foi medido após tempos especificados.

Tabela 3. Resistência Química de membranas de poliuretano e epóxi

Reagente	Avaliação da resistência química		
	Membrana de poliuretano <sup>(1)</sup>	Membrana de epóxi - A <sup>(2)</sup>	Membrana de epóxi - B <sup>(3)</sup>
Ácido Acético 10%	R	L	L
Ácido Acético 25%	L	NR	L
Ácido clorídrico 35%	R	R	R
Ácido Sulfúrico 20%	R	R	R
Ácido Sulfúrico 50%	NR	R	R
Ácido Sulfúrico 70%	NR	R	R
Ácido Sulfúrico 98%	NR	NR	R
Hidróxido de sódio 5%	R	R	R
Hidróxido de sódio 20%	L	R	R
Hidróxido de sódio 50%	L	R	R
Hidróxido de amônio 20%	R	R	R
Hidróxido de potássio 20%	R	R	R
Hipoclorito de sódio 12%	R	R	R
Tolueno	NR	NR	R
Xileno	NR	R	R
Metanol	L	NR	L
Etanol	L	R	R
Aguarrás	R	R	R
Metil etil cetona	NR	NR	L
Acetona	L	L	L
Óleo diesel	L	R	R
Gasolina	L	R	R
Tricloroetileno	NR	NR	R
Óleo de transformador Shell Diala D	R	R	R

(1) Masterpur VD (2) Masterpox VD (3) Masterpox ARQ

A principal alteração observada no filme do produto foi o ganho ou perda de massa, medido após a amostra ter sido submetida ao contato com o reagente químico. A perda de massa ocorre por dissolução ou por ataque químico, enquanto que o aumento ocorreu por absorção da solução em contato. Este parâmetro foi utilizado para a classificação da Resistência Química. Esta classificação foi feita da seguinte forma:

(R) Recomendado: Adequado para exposição contínua. No ensaio proposto não houve alteração de massa superior a 10% após 30 dias

(L) Limitada: Adequado para eventuais exposições de curta duração. No ensaio proposto não houve alteração de massa superior a 10% após 7 dias, porém quando se estende o teste até 30 dias esta variação ultrapassou 10%.

(NR) Não Recomendado: Não deve ocorrer o contato com o produto. Ocorreu alteração de massa superior a 10% após 7 dias de exposição.

Antes de ser feita uma especificação devem ser avaliadas com cuidado as condições de temperatura do ambiente e possíveis combinações de reagentes que possam ocorrer, pois estes fatores podem afetar significativamente a resistência química dos produtos.

De modo geral pode-se dizer que as membranas uretânicas apresentam resistência química

moderada para ácidos e bases em baixas concentrações e resistência limitada para solventes, sendo indicadas para áreas de estações de tratamento de água e esgoto doméstico e áreas de contenção de derramamento de alguns solventes.

As membranas epoxídicas apresentam melhor desempenho do que as uretânicas, podendo chegar a resistir a ácidos e bases concentrados e solventes em geral. Seu campo de aplicação são áreas industriais, diques de contenção de produtos químicos, indústrias químicas etc. As limitações de uso das membranas epoxídicas estão relacionadas a presença de ácido acético, acetona, metil etil cetona (MEK) e metanol.

Os sistemas uretânicos e epoxídicos apresentam excelente relação entre custo x benefício aliado a facilidade de aplicação, embora existam outros sistemas. A seleção de um produto, uretânico ou epoxídico, deve passar por uma avaliação criteriosa da resistência química apresentada pelo produto quando em contato com algum agente químico agressivo numa determinada temperatura, levando em consideração também se o contato será constante ou eventual. Ressalta-se que mesmo entre membranas de mesma base química, como observado nas membranas epóxi A e B, existem diferenças de desempenho, por isso apenas a informação de qual a base química não representa uma indicação direta de performance.

A temperatura de uso das áreas sujeitas ao contato com agentes químicos agressivos deve ser prevista também na especificação do sistema mais adequado. Membranas de poliuretano podem apresentar limite de exposição de 100°C, enquanto que as de epóxi podem apresentar limites bem inferiores, na faixa de 40-50°C. Isto ocorre nos sistemas epóxis, devido a baixa temperatura de transição vítrea (TG) de sistemas curados a temperatura ambiente. Portanto, principalmente em ambientes industriais onde as temperaturas de processo podem ser significativamente elevadas, o uso de membranas de epóxi deve ser recomendada com este cuidado.

## **DETALHES DE EXECUÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO EM AMBIENTES QUÍMICOS AGRESSIVOS**

As membranas moldadas in loco são caracterizadas por serem sistemas de impermeabilização que apresentam grande facilidade em sua aplicação. A aplicação consiste basicamente em espalhar o material sobre o substrato da estrutura, com a utilização de uma brocha, trincha, rolo, rodo nivelador ou equipamento airless, sempre respeitando as condições de aplicação conforme descrição do fabricante. Para toda e qualquer impermeabilização em uma obra civil, é fundamental uma prévia análise e vistoria do substrato a receber a membrana, a fim de se obter os resultados desejados. A regularização desta superfície e as características tais como presença de água, armaduras expostas, nichos ou falhas de concretagem, entre outras, poderão comprometer significativamente a qualidade da aplicação realizada. É portanto digno de se mencionar que o resultado final e a eficácia do sistema estão intimamente relacionados à qualidade da aplicação, sendo que a garantia final deverá ser sempre solidaria entre os fabricantes e os aplicadores. Para facilitar o manuseio, os fabricantes normalmente fornecem em embalagens já dosadas, de modo a simplificar a utilização em situações reais de obra.

A seguir são apresentadas imagens de locais onde foram utilizadas membranas epoxídicas e uretânicas moldadas in loco em diferentes situações. Na figura 1, a aplicação é feita sobre o substrato de reservatórios de tratamento de esgoto (ETE) do complexo Mogi Sanear em 2008. Na figura 2 apresenta-se os reservatórios impermeabilizados e prontos para uso, na figura 3 apresenta-se exemplo de aplicação de membrana epoxídica em área de contenção de derramamento de produtos químicos na CSN – Companhia Siderúrgica Nacional em 2007 (IMPERMEAR, 2015).

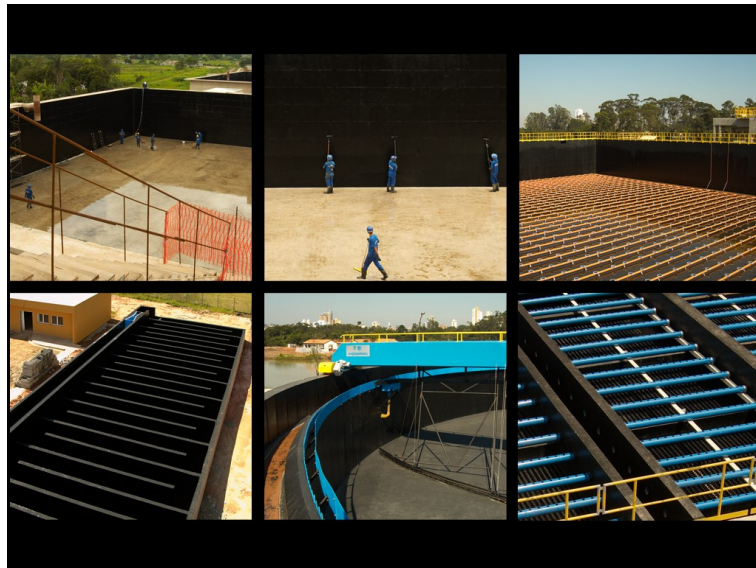


Figura 1 - Detalhes de aplicação moldada in loco com membrana de poliuretano - ETE Mogi Sanear.



Figura 2 - Tanques impermeabilizados com membrana de poliuretano - ETE Mogi Sanear.



Figura 3 - Aplicação moldada in loco com membrana epoxídica – CSN (IMPERMEAR, 2015)



## CONCLUSÃO

A técnica de aplicação de membranas moldadas in loco, uretânicas ou epoxídicas, representa uma importante ferramenta para os projetistas quando se deparam com ambientes onde agentes químicos agressivos estejam presentes, como ocorrem em estações de tratamento de água e esgoto e instalações industriais. Desta forma, estas membranas uretânicas e epoxídicas moldadas in loco podem ser utilizadas considerando o ambiente de exposição e a compatibilidade de cada sistema com as necessidades específicas de cada obra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, C.M.; Dissertação de Mestrado UFSC, Florianópolis, p.15, 2001

IMPERMEAR , <http://www.impermeiar.com.br/Obras-em-destaque.aspx> acesso em 5/5/2015

LAVOIE, F.L., BUENO, B.S., LODI, P.C., Polímeros, vol. 23, n.5, p. 690-695, 2013

MARINUCCI, G., Materiais Compósitos Poliméricos, 1<sup>a</sup> ed. São Paulo, 2011, cap. 2, Matrizes Poliméricas.

PETRIE, E.M., Epoxy Adhesive Formulations, 1<sup>a</sup> ed. United States of America, 2006.

QUINI, J.G., Adesivos Estruturais Uretânicos Aplicados a Combinações de Compósitos, Plásticos e Metais. 2011. Tese de Doutorado – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

VILAR, D.W., Química e Tecnologia dos Poliuretanos, 3<sup>a</sup> ed., Rio de Janeiro, 2002, cap. 1, Reagentes e Fundamentos.