

# MEMBRANA DE POLIURETANO MOLDADA IN LOCO – ESTUDO DE VIABILIDADE EM SUPERFÍCIES EXPOSTAS ÀS INTEMPÉRIES E RAIOS ULTRAVIOLETA

**Guilherme Silva Paz**

guilher.silvapaz@gmail.com

**Márcio Furlan Moraes**

marcio.topcoatsgmail.com

**Prof. Orientador Me. Carlos Antonio de Lima Penhalber**

carlospenhalber@gmail.com

Fatec Itapetininga – SP

**RESUMO** : A umidade e infiltrações de fluídos são as principais causadoras de diversas patologias<sup>1</sup> na construção civil e um dos maiores responsáveis pela diminuição da vida útil de edificações. A **Impermeabilização** é imprescindível e deve ser pensada desde o projeto, pois para cada necessidade deve-se considerar o melhor sistema e método de aplicação. Existem diversos sistemas impermeáveis e, sempre em busca do melhor desempenho, a evolução tem sido constante. O objetivo deste estudo é a aplicação de impermeabilizantes à base de elastômeros, delimitado à membrana de poliuretano, material este que está em constante desenvolvimento no cenário da construção civil mundial, com uma abrangência de destaques em relação aos demais sistemas. Aqui é apresentado um estudo de

viabilidade deste sistema (membrana de poliuretano moldado in loco) sob superfícies de aplicação através de análise de suas propriedades de aderência e resistência química, aliadas às vantagens e desvantagens de sua utilização. A metodologia adotada conta como base a publicação de resultados da execução de ensaios tecnológicos com a membrana de poliuretano, entrevistas, figuras e fotos esquemáticas, visitas técnicas e demonstrações processuais, de forma a verificar suas propriedades, vantagens, desvantagens e viabilidade de seu uso em superfícies expostas à agentes químicos agressivos. Foi verificado através destes testes em que situações o sistema consegue ter um desempenho superior frente a sistemas tradicionais. Os testes levaram em

consideração quesitos de preparação de superfície, estética, e análise de sua resistência a raios ultravioleta.

**Palavras-**

**chave:**impermeabilização,aderência, elastômeros

**ABSTRACT:** Moisture and fluid infiltration are the main causes of several pathologies<sup>1</sup> in construction and one of the main responsible for the reduction of the useful life of buildings. Waterproofing is imperative and should be considered since the project, because for each need the best system and method of application must be considered. There are several waterproof systems and, always in search of the best performance, the evolution has been constant. The objective of this study is the application of waterproofing agents based on elastomers, delimited to the polyurethane membrane, a material that is constantly developing in the world civil construction scenario, with a range of highlights in relation to the other systems. Here is presented a study (Molded polyurethane membrane in place) under application surfaces by analyzing their adhesion and chemical resistance properties, together with the advantages and disadvantages of their use. The methodology adopted is based on the publication of results of the execution of technological tests with the polyurethane membrane, interviews, schematic figures and photos, technical visits and procedural demonstrations, in order to verify its properties, advantages, disadvantages and feasibility of its use in Surfaces exposed to aggressive chemical agents. It has been verified through these tests in which situations the system is able to perform better than traditional systems. The tests took into account aspects of surface preparation, aesthetics, and analysis of its resistance to ultraviolet rays.

**Keywords:** waterproofing, adhesion, elastomers

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a NBR 9575 (2010) uma boa proteção contra a ação da água/umidade e resistência à degradação por intempéries e agentes agressivos são características indispensáveis que todo elemento estrutural/infraestrutural, de vedação e/ou materiais construtivos deve conter, o que visa, basicamente, garantir a não penetração de água/fluidos em nenhum de seus componentes. Esses produtos estão diretamente ligados aos custos de manutenções em obras e, por isso, muitos encaram o assunto com descaso, embora o histórico de registros de manifestações causadas por umidade e infiltrações de fluidos só cresçam.

Este artigo tem como objetivos demonstrar por meio de pesquisas, ensaios e estudos de caso, a viabilidade, vantagens e desvantagens deste sistema, relatar e correlacionar as propriedades destes materiais aplicados em placas cimentícias, vigas e lajes amostrais da FATEC TATUAPÉ – Victor Civitta, submetendo-se a descrição sucinta da aplicação (de forma a representar a boa aderência do sistema), teste de estanqueidade ( para comprovar ser um impermeabilizante de qualidade) e através de teste visual, observar possíveis manifestações patológicas da superfície causadas pela exposição as intempéries e raios ultravioletas, pelas vigas e lajes da FATEC, , assim demonstrando que a membrana tem propriedades eficazes no ganho de desempenho, se destacando a resistência

química, e custo acessível como viáveis em sua utilização, analisando possíveis limitações de seu uso e como evitar manifestações patológicas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 IMPERMEABILIZAÇÃO

A impermeabilização no setor da construção civil, possui a importante função de impedir o transporte e acúmulo de líquidos, vapores e fluidos indesejáveis, auxiliando na garantia de um bom desempenho onde é aplicada e, funcionando como um “envelope” das construções (NBR 9574/2008). Assim, o sucesso da impermeabilização de um elemento construtivo está intimamente ligado e evidenciado por um completo Projeto de Impermeabilização, pela caracterização dos materiais envolvidos no processo construtivo, pelo seguimento o mais fielmente possível do procedimento executivo, tendo-se cuidado e atenção na construção e preparo do substrato, atendo-se à fiscalização dos processos de execução e a preservação e manutenção do Sistema Impermeabilizante empregado.

#### 2.1 MATERIAIS IMPERMEABILIZANTES

De acordo com a NBR 9575 (2010), os impermeabilizantes são classificados de acordo com sua flexibilidade, metodologia de aplicação, solicitações impostas pela água, exposição ou não ao intemperismo, grau de aderência ao substrato e a temperatura de

aplicação. A escolha do material base de aplicação sempre se dará, conhecendo-se e evidenciando as propriedades físicas, químicas e mecânicas, além das solicitações de desempenho, do elemento construtivo em que se aplica.

#### 2.1.1 Asfálticos

São produtos aglutinantes, obtidos através da mistura de diversos hidrocarbonetos de alto peso molecular, reagindo com pequenas doses de ácidos orgânicos e bases. Possui elevada viscosidade, o que lhe confere uma característica semi-sólida e função de sistema totalmente aderido ao substrato (NBR 9575, ABNT, 2010)

Na prática, estes produtos são obtidos industrialmente, através do processo de destilação do petróleo e, comercialmente, se dividem em: membranas asfálticas oxidadas, diluídas, poli condensadas ou elastoméricas; emulsões ou asfálticas modificadas com poliuretano e contêm limitações no que tange à sua dificuldade de uniformidade na espessura de aplicação e, ao fato, de que em sua forma líquida, só pode ser aplicada a quente, a temperaturas a partir de 150° C. São aplicadas geralmente em obras residenciais, telhados e pisos.

#### 2.1.2 Cimentícios

Originados para suprir defeitos encontrados em materiais asfálticos, impermeabilizantes cimentícios são aqueles

que possuem o cimento como material principal da mistura e, adições poliméricas para garantir desempenhos de estanqueidade, características elastoméricas e de flexibilidade.

Podem ser aplicados na forma plástica ou líquida e, possuir ou não, a presença de estruturantes para estabelecer boas características mecânicas, sendo geralmente aplicadas em reservatórios, piscinas, paredes expostas a interpéries e lajes.

Atualmente, verificaram-se diversas limitações em seu uso pelo fato de que não podem ser aplicados em situações de limites térmicos de substratos (temperaturas abaixo 10° C ou acima de 35° C) e não possuem resistência química ou resistência à abrasão.

Suas principais aplicações são verificadas em alicerces, muros de arrimo, e locais com pouca movimentação estrutural.

### **2.1.3 Poliméricos**

São os impermeabilizantes constituídos por homopolímeros ou copolímeros, ou seja, constituídos em grande parte por compostos plásticos, o que lhe confere propriedades elastoméricas e, devido a sua grande difusão e à verificação de diversos benefícios e aplicabilidade por suas propriedades é utilizado também como agente modificador (aditivo) de outros sistemas impermeabilizantes, visando o ganho de desempenho (ABNT NBR 9575:2010).

Os materiais que são encontrados no mercado são Mantas: Butílica (etileno-propieno-dieno), PVC (cloreto de polivinila),

PEAD (polietileno de alta densidade), TPO (poliefina termoplástica) ou Membranas: Acrílicas, Poliuréia e Poliuretano.

É aplicado em cortinas de contenção, reservatórios enterrados e de superfície, cisternas, baldrames, além de áreas frias e com presença de agentes químicos agressivos.

#### **2.1.3.1 Sistemas Impermeabilizantes à base de Poliuretano**

Impermeabilizantes de poliuretano são produtos bi-componentes que formam membranas flexíveis que apresentam grande estabilidade química, elasticidade, resistência às temperaturas elevadas e aderência a diversas superfícies. São indicados para estruturas sujeitas a movimentações, vibrações, insolação e dilatações e contrações decorrentes de variações térmicas. Sua aplicação é semelhante a de revestimentos de pinturas tradicionais, tendo como ponto crítico a preparação do substrato (NBR 15487/2007).

##### **2.1.3.1.1 Membranas de Poliuretano moldada “in loco”**

Misturando-se os componentes e, passando o tempo de manuseio e espalhamento no substrato (realizado de forma homogênea e proporcional), a viscosidade aumenta e o produto se solidifica, formando-se ligações uretânicas e gerando uma membrana, a membrana de poliuretano (NBR 15484/2007).

Suas propriedades conferem elevada elasticidade, aderência ao substrato, boa resistência química, cura rápida, capacidade termofixa, podendo ser utilizados até em locais com incidência alta de agentes químicos agressivos, como reservatórios de armazenamento de água potável e lajes de tráfego. Assim como qualquer tipo de impermeabilização, sua aplicação dependerá de uma boa execução do substrato e, regularização da base de contato. Já o número de camadas aplicáveis dependerá da condição do local de aplicação, como existência ou não, de pressão negativa; Grau de estanqueidade da base, Presença de óleos e/ou graxas, verificação de trincas, ninhos e/ou bicheiras. (Conforme Eduardo Granato, no Simpósio Brasileiro de Impermeabilização – a IBI, em apresentação sobre Sistemas de Impermeabilização de Poliuretano Expostos às Intempéries e Sujeitos a Trânsito de Pessoas ou Veículos, 15 set., 2015).

Os sistemas elastoméricos de Poliuretano são, em geral, aplicados a frio, através de ferramentas simples como rodos, rolos e pincéis (VIAPOL, Sistema Vulkem, 2016)

## 2.2 AMBIENTES EXPOSTOS À AGENTES QUÍMICOS AGRESSIVOS

Ambientes químicos agressivos possuem, segundo a NBR 15487 (2007), substâncias químicas capazes de promover danos à impermeabilização através de infiltrações, vazamentos, variações de

temperatura, alta exposição e patologias, comprometendo a estanqueidade do sistema.

As potenciais causadoras destes problemas estão presentes em estações de tratamento de água e esgoto, indústrias e ambientes com incidência de solventes, ácidos, bases, sais, gases e compostos químicos a base de gás carbônico e óxidos nitrosos, além de fatores naturais como bactérias, bolores e fungos. A exposição às intempéries e raios ultravioleta acarreta grande parte destes problemas.

## 2.3 Projeto de Impermeabilização

De acordo com a NBR 13531 (1995) – “Elaboração de projetos de edificações” e a NBR 9575 (1998) – “Projeto de Impermeabilização” e sua atualização (NBR 9575/2010), o projeto de impermeabilização deverá ser constituído de dois projetos (básico e executivo), um complementando o outro. O Projeto básico deverá conter: localização e identificação das áreas de aplicação dos impermeabilizantes, desenhos esquemáticos com detalhamentos construtivos e, memorial descritivo de produtos e materiais anexados. Já para o processo executivo é necessário todos os dados genéricos e específicos que deverão servir de base para a execução.

### 2.3.1 SISTEMA VULKEM 350 NF/ 346 E 345

Este sistema multicamadas foi escolhido por garantir uma facilidade de

aplicação (pode ser facilmente aplicado com um rolo ou desempenadeira metálica), sendo:

- 350 NF: Primeira camada (*base coat*), camada responsável por proteger o sistema de possíveis impurezas e garantir estanqueidade (tanto vindas do meio ambiente, como de erros de elementos posteriores à impermeabilização).
- 345: Camada intermediária ou camada de aspersão de quartzo (*middle coat*), camada que garante a resistência mecânica e união dos componentes do sistema, obtida diferentemente das outras camadas, no que tange à execução, uma vez que a camada é aplicada em metade da superfície em sua forma pura e a outra metade sob agregado miúdo (geralmente quartzo, mas também há versões com areia) e garante característica anti-derrapante e resistência à intempéries e raios UV ; possuem o agregado miúdo de quartzo definido com a granulometria acordo com a necessidade, sendo usado nesta metodologia #30 (peneira de 30mm – recomendada em áreas sujeitas à trânsito de veículos) que já vem misturado no componente.
- 346: A última camada (*top coat*), dita como camada de acabamento ou alifática, que garante fins superficiais ao sistema, como boa aderência e estética.

**Figura 1- Componente do Sistema Vulkem**



“É definido como um sistema poli-componente com composição híbrida na camada intermediária (devido ao fato da mistura do sistema puro com o quartzo), aplicado a frio, com alto alongamento (boa capacidade de ser moldado), alta resistência à tração e ao tráfego dureza média e o fato de dispensar camada de proteção mecânica, porém considerável de elevada importância por ser um impermeabilizante” (VIAPOL, Sistema Vulkem, 2013).

### 3 METODOLOGIA

Para a condução dos ensaios necessários a esta metodologia, utilizou-se uma placa cimentícia e vigas e lajes internas ao prédio da FATEC como objetos amostrais para representar superfícies de aplicação do impermeabilizante.

Além disso, para a seleção dos materiais e caracterização da membrana a ser estudada foram pesquisados, no mercado da construção civil, os elastômeros de poliuretano disponíveis e foi adotado como critério principal de escolha aquele mais difundido e de maior confiabilidade, no que diz respeito às características técnicas desses

produtos, aliado à aceitação pelos profissionais de renome do setor de impermeabilização. Ou seja, buscou-se o produto tido como referência, a fim de evitar possíveis variações dentro do espectro de valores de referência de alongamento, resistência à tração, resistência ao rasgo, dureza, resistências à abrasão e composição química.

**Figura 2- Superfície de Aplicação na Placa Cimentícia**



### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA MEMBRANA DE POLIURETANO MOLDADA "IN LOCO" NO ESTUDO DE CASO

A membrana de poliuretano moldada in loco, objeto desta metodologia foi fornecida pela empresa VIAPOL, com produto denominado Sistema VULKEM, que dispensa proteção mecânica aderido ao substrato, equipado com o sistema multicamadas (imprimação, camadas intermediárias com aspersão de quartzo, camada final ou de revestimento).

A figura a seguir representa a sequência processual de aplicação:

**Figura 3- Aplicação das Camadas de Poliuretano**



a) Imprimação; b) Camada Intermediária; c) Selamento da Camada Intermediária; d) Camada Final (GRANATO, 2015).

### 3.2 DEFINIÇÃO DOS ENSAIOS DE MATERIAIS E PROCESSOS METODOLÓGICOS A SEREM UTILIZADOS

Os objetos que serviram de base para o processo metodológico e suas respectivas funções serão enumerados a seguir:

- Placa Cimentícia e áreas da Fatec: realizado nas dependências da FATEC para a caracterização do sistema impermeável camada-a-camada; verificação de ensaios visuais através de sua exposição às intempéries e raios UV; teste de estanqueidade e informações referentes ao consumo e custo benefício do material.

Dados importantes na mensuração deste ensaio são: consumo de material por m<sup>2</sup>, preço do sistema e serviço de mão de obra.

O consumo de material, segundo a VIAPOL, tem um rendimento de 0,6 kg/m<sup>2</sup>,

portanto, considerando que a área de aplicação foi de 1m<sup>2</sup> e o sistema é composto por três camadas, procede-se ao cálculo: 0,6x3 = 1,8 kg de membrana de poliuretano/m<sup>2</sup>. Além disto, obteve-se, através de pesquisa de preço médio de mercado, que o SISTEMA VULKEM (como um todo) está em torno de R\$ 150,00/m<sup>2</sup>, tendo um ótimo acabamento estético final, não necessitando o uso de proteção mecânica e nem revestimento final. Isso reduz sobrepeso na estrutura e diminuição da utilização das cotas pois o sistema tem espessura média de 1,5mm a 4mm no máximo incluso preparação do substrato, produto e aplicação (informações obtidas com o fabricante).

Como parâmetro de mercado (consulta efetuada na empresa Isotécnica Impermeabilizações) o metro quadrado da preparação, aplicação de Manta Asfáltica 4mm Preta Tipo III (produto de uso tradicional na construção civil) e proteção mecânica totaliza um valor médio de mercado R\$ 110,00/m<sup>2</sup>, sendo que neste caso é necessário aplicação de revestimento estético final, o que aumentará consideravelmente o custo do sistema como um todo, além de sobrecarga na estrutura e de cotas do piso pois todo o sistema pode chegar a 10cm com o revestimento final.

### **3.2.1 Aplicação de Membrana de Poliuretano em placa cimentícia e áreas internas da FATEC**

Para a execução dos ensaios apresentados a seguir nesta metodologia, foi

necessário moldar a membrana de poliuretano sob placa cimentícia (superfície de aplicação) de 1x1 m de área de superfície superior, simulando uma laje de cobertura que sofre exposição a intempéries como chuvas e exposição a raios UV. Para tanto utilizou-se o sistema moldado in loco, que garante um custo muito menor à tecnologia de projeção, que necessita equipamento específico e mão de obra especializada para a sua utilização.

As membranas foram aplicadas de acordo com a metodologia e as recomendações de seus respectivos fabricantes (VIAPOL). Os aspectos tidos como indispensáveis nesta parte processual, serão detalhados mais adiante.

#### **3.2.1.1 Caracterização da Aplicação e das Camadas**

Os ensaios de aderência, em qualquer impermeabilizante, são necessários para se verificar delimitações executivas, como: nível de dificuldade de aplicação, produtividade, consumo, necessidade ou não de mão de obra especializada, verificar se os índices de norma estão corretos, etc.

No caso estudado, analisamos ao aplicar o impermeabilizante (Membrana de Poliuretano) uma boa aderência ao substrato, assim como boa aderência entre todas as camadas subsequentes, não identificando delaminação das camadas e ótimo acabamento final.

As figuras a seguir representaram os processos de execução dos ensaios e as



datas de execução, em conjunto com a exemplificação processual:

**21/11/2016-** Primeiramente, misturou-se o produto VULKEM 171 manualmente, nomeado como Camada Base do sistema, de 2 a 3 minutos, com finalidade de homogeneizar a mistura e, aplicou-se, rapidamente (em tempo menor que 30 minutos), o produto que tem um processo de secagem veloz (perdendo a trabalhabilidade se aplicada depois de muitas horas, sendo esse, possivelmente, o motivo da comercialização do produto em embalagens pequenas visando ganho de tempo na aplicação) sob a base da placa cimentícia. Notando sobras de produto, com fim de se evitar perdas o produto também foi aplicado em áreas externas (lajes e vigas) da FATEC de forma a se verificar nelas todo processo metodológico instrumento deste estudo de caso.

**Figura 4- Aplicação da Primeira Camada de Poliuretano (Vulkem 350 Nf-Base Coat)**



**22/11/2016-** Feita a primeira aplicação, verificou-se a placa cimentícia, após 4 e 6 horas (tempos de cura recomendáveis via fabricante), para checar se já estava

fundamentado; entretanto, a base ainda não estava seca, o que provavelmente foi causado pelo fato de o dia estar “fechado”, ou seja, chuvoso e com umidade relativa do ar alta (85,70% de umidade relativa do ar, de acordo com o CGE - Estação Meteorológica da Penha). Observamos que 24 horas após a aplicação, a primeira camada estava curada.

**23/11/2016-** Foi feita a 3ª camada, VULKEM 345, chamada camada alifática, despejando a solução da mistura do componente do produto com água em uma bandeja, aplicando em toda a superfície da Placa Cimentícia, com aspersão de quartzo em metade da base, aplicando da mesma maneira nos tijolos e blocos cerâmicos e na viga na parte interna da FATEC. Para comparação e análise de resultados em diferentes situações de aplicação, verificamos que a metade da base que estava sem aplicação de aspersão de quartzo e da camada alifática (sem preparação adequada e recomendada por Norma), formou bolhas e apresentou aderência comprometida. Ainda assim, após o verificado, foi aplicada a camada alifática em cima do produto poliuretano de camada-base que dá maior aderência do sistema ao substrato. Passados 2 horas da aplicação, notamos que poderia chover, o que iria prejudicar o resultado final da aplicação. Sendo assim fizemos uma proteção nas amostras que estavam expostas à chuva (base de viga da FATEC), com finalidade de se evitar perda de material e comprometimento do sistema. No dia seguinte ( 24/11/2016 ) retiramos a proteção e

verificamos que tudo havia ocorrido devidamente bem.

Observação: A camada final possui o rendimento de (0,6 kg/m<sup>2</sup>).

**Figura 5- Acabamento da Primeira Camada**



### 3.2.1.2 Tempo de Cura

O tempo de cura deve ser verificado, pois é ele que garante a secagem definitiva das camadas de poliuretano.

O SISTEMA VULKEM, por definição, estabelece que o tempo de cura aplicado sob temperatura ambiente (25°C) e umidade relativa do ar (UR) = 50%, será de 4-6 h para o VULKEM 350 NF (camada base) e de até 24 h para o VULKEM 345 (camada intermediária) e VULKEM 346 (camada final).

Assim, submete-se a fórmula para verificar-se o tempo de cura de cada camada da membrana de poliuretano moldada in loco, utilizadas na aplicação sob placas cimentícias, e vigas e lajes internas da FATEC como objetos amostrais:

TC= (tf-ti); sendo:

TC= Variação do Tempo de Pega

tf= Tempo de fim de Pega

ti= Tempo de início de Pega

Como o sistema possui três camadas, o VULKEM 350NF, VULKEMN 345, VULKEM 346, serão realizados 4 tempos de cura, os parciais (um para cada camada), e o total (para o sistema como um todo).

**Figura 6- Acabamento da Segunda Camada (Intermediária com Aspersão de Quartzos)**



**Figura 7- Acabamento Final – Última Camada**



### 3.2.1.3 Teste de Estanqueidade

O teste de estanqueidade é o mecanismo que permite verificar o grau de contenção de água do sistema impermeabilizante, constando se o sistema

está adequado a sua principal função, que é evitar infiltração de água da camada impermeabilizada para componentes subjacentes. Para isso submete-se a colocar uma espessura mínima de 2 cm de água sobre a placa para verificar possível patologia de infiltração.

Além de garantir que a espessura mínima do produto será correta, o tempo de secagem entre as demãos e a preparação do substrato são itens que devem ser observados de acordo com o tipo de sistema ou produto adotado.

Conforme previsto na NBR 9575 o teste de estanqueidade deve durar no mínimo 72 horas. Se houver vazamento, o reparo deve ser imediato. O teste foi realizado somente na placa cimentícia, objeto amostral este que possibilitou aferir resultados e verificar que não existiram infiltrações ou passagem de qualquer tipo de umidade.

#### **3.2.1.4 Exposição às Intempéries e Raios UV**

Impermeabilizantes que visem suprir problemas relacionados à exposição de agentes químicos, físicos, biológicos e mecânicos, devem ter uma boa resistência à exposição, às intempéries e raios UV (ou seja, boa capacidade de impedir a penetração de insolação, água de chuvas e dispersão de gases via atmosfera), assim como não apresentar patologias posteriores, como eflorescência, índice de rasgamento baixo, empelotamento (GRANATO, 2015).

As lajes e vigas internas da FATEC, exemplos de objetos amostrais desta pesquisa em questão, foram expostas às intempéries e raios UV via exibição direta (exposta a sol, chuva, agentes químicos da poluição, ou seja, direta no meio ambiente) por aproximadamente 3 meses, sem utilização de nenhum material de proteção da superfície da placa.

**Figura 8- Aplicação do Produto em Vigas e Lajes da Fatec Tatuapé**



## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 RESULTADOS DO TESTE DE ESTANQUEIDADE**

Através da realização do teste de estanqueidade verificou-se, através de teste visual, que o sistema apresentou uma ótima impermeabilização, impossibilitando qualquer tipo de infiltração, uma vez que, ao se observar a parte de baixo da superfície da placa cimentícia (observada a 72 horas de aplicação de película de água sob a superfície), não se verificou nenhuma manifestação de água visual, seja por infiltração, umidade, ascensão ou percolação.

Isso significa que o sistema atende ao seu principal objetivo, ser estanque, ou seja, impedir a passagem de água.

**Figura 9- Verificação do Teste de Estanqueidade.**



#### 4.2 RESULTADOS E ANÁLISES DA EXPOSIÇÃO À INTEMPÉRIES E RAIOS UV

Pela exposição às intempéries e raios UV das lajes e vigas da FATEC pode-se inferir que o sistema não apresentou nenhuma forma de patologias provenientes de intempéries e raios UV (eflorescência, descascamentos, umidades, infiltrações, manchas, bolores), o que permite afirmar que o sistema está estanque a qualquer tipo de fluido, o que lhe confere boa resistência à exposição de intempéries e Raios UV, conforme mostra foto a seguir, a superfície não teve mudanças significativas.

**Figura 10- Foto das Áreas da Fatec Expostas as Intempéries e Raios Uv**



#### 4.3 RESULTADOS E ANÁLISE DO ENSAIO DE TEMPO DE CURA

Verificou-se, em relação ao tempo de cura, o que segue nas equações:

VULKEM 350 NF: (15h11min- 10h31min) = 4h40 min.

A camada de base (*base coat*) demonstrou tempo de cura compatível ao pré-estabelecido pela VIAPOL.

VULKEM 346: (18h21min – 15h11min) = 3h10min.

Deste modo, pondera-se que a camada intermediária (com aspersão de quartzo) possui tempo de cura que condiz ao situado pelo fabricante, pois seu tempo de cura foi menor que 24h.

VULKEM 345: (18h51min- 10h59min) = 7h52min.

Assim sendo, discorre-se através do TC, como sendo o tempo de cura total da membrana de poliuretano moldada in loco como a somatória dos outros tempos de cura, adicionando-se o intervalo de 24 horas que foi necessário entre a camada intermediária e a camada final.

$TC = (4h40min + 3h10min + 7h52min) = 39h42min.$

Analisando este resultado, podemos partir para a seguinte dedução: O tempo de cura da membrana é aceitável, pois se considerarmos os intervalos máximos de tempo de pega por camada (6h para camada base, 24 h para demais camadas), este valor poderia ser de até 54 h. Como o apresentado foi de 39h42 min, o tempo de cura do poliuretano mostrou-se eficiente.

**Figura 11- Membrana Poliuretano em Tempo de Cura Consolidado**



#### 4.4 CORRELAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DOS ENSAIOS

No mercado da construção civil, mais especificamente para serviços de impermeabilização existe uma garantia de 5 anos do produto/aplicação, conforme norma NBR 15487 . Portanto de forma ampla, os resultados dos ensaios submetidos fizeram verificar no período de 150 dias em que foram analisados, podemos concluir (com ressalvas, pois a análise não abrange todo o período previsto em garantia) que em termos de desempenho e qualidade a membrana de poliuretano moldada in loco possui uma ótima resistência estanqueidade, resistência à degradação por agentes químicos, boa resistência térmica, verificada tanto em

estabilidade como a sua flexibilidade às temperaturas.

A tabela 1 a seguir demonstra que, no que diz respeito à absorção de água, exposição às intempéries e raios U.V (Exposição de no mínimo 300h CUV) e proliferação de fungos (ataque por agentes químicos e/ou biológicos), conforme apresentado nos resultados e no que se propôs a avaliação (avaliou-se a absorção de água através do teste de estanqueidade, proliferação de fungos e exposição 300 h C.U.V pela exposição às intempéries e raios U.V e secagem entre demãos através do tempo de cura), a membrana de poliuretano apresentou um desempenho satisfatório.

**Tabela 1- Requisitos de Desempenho do Sistema Vulkem (Viapol, 2013).**

ENSAIO	RESULTADO	NORMA
Massa específica	1,43 g/cm <sup>3</sup> a 1,48 g/cm <sup>3</sup>	NBR 5829
Viscosidade Stormer	98 KU a 110 KU	NBR 12105
Teor de sólidos	67% a 73%	NBR 7340
Absorção de água	Máximo 15%	ASTM D 570
Exposição 300 h CUV	Satisfatório	ASTM G 53
Tensão de ruptura longitudinal (com tela)	200 N/5 cm	ASTM G 53
Tensão de ruptura transversal (com tela)	200 N/5 cm	NBR 7462
Alongamento na ruptura longitudinal (com tela)	Mínimo 35%	NBR 7462
Alongamento na ruptura transversal (com tela)		
Proliferação de fungos	Sem crescimento	ASTM D 3273
Identificação da resina por espectrofotometria	Resina acrílica pura (isenta de estireno)	ASTM D 3677
Secagem entre demãos a 23°C ± 2°C	uma a quatro horas	

Fonte: [www.denverimpec.com.br](http://www.denverimpec.com.br), mar/2011.

Como característica negativa ou ponto de maior atenção do sistema podemos citar a necessidade de uma preparação adequada e muito cuidadosa, pois os Isocianatos contidos na formulação do Poliuretano reagem a substratos úmidos antes de sua total cura, por

isso para a sua aplicação devemos fazer uma análise prévia do substrato e somente começar a aplicação com umidade média de no máximo 10% do substrato ou poderão ocorrer bolhas, perda de material e mão de obra.

Ainda levando em consideração a preparação do substrato devemos tomar cuidado com contaminações e poeiras, que além de poderem reagir com o produto podem diminuir a aderência ao substrato.

Caso não seja respeitado o tempo de cura de cada camada, podemos prejudicar o rendimento final do sistema, assim como não devemos exceder o tempo especificado pelo fabricante de aplicação entre as camadas, pois isso pode prejudicar o resultado final e delaminações entre as camadas.

Em nossos ensaios no que diz respeito à aplicação das camadas, notou-se que há uma boa adesão com a base da superfície da placa cimentícia e resultados positivos de impermeabilidade e degradação, ao menos no período proposto de nosso estudo que foi 150 dias após a aplicação.

Todos os resultados foram obtidos conforme estrutura da FATEC TATUAPÉ – Victor Civitta, e no período especificado, levando em consideração o vínculo acadêmico.

Acreditamos que este tema pode e deve ser mais aprofundado e estudado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, conclui-se que a membrana de poliuretano apresentou um desempenho satisfatório, se mostrando eficiente, mais rápida na conclusão de obras por não necessitar aplicação de proteção mecânica nem revestimento final, de boa aderência e padrões de acordo com normas vigentes e recomendações de fabricantes. Já por meio de pesquisas (GRANATIO, 2015), inferiu-se que o poliuretano possui um custo compatível de mercado, entretanto apresenta necessidade de maior atenção à preparação das superfícies e condições de aplicação para a obtenção dos melhores resultados e evitar perdas de material e retrabalho.

Mais especificamente podemos enumerar as seguintes vantagens através da verificação processual deste trabalho, em relação ao poliuretano, SISTEMA VULKEM-VIAPOL:

- Envolve quantidades menores de processos comparados a outros impermeabilizantes (uma vez que cada camada possui somente uma demão, ao invés de várias como em outros impermeabilizantes).
- Apresenta compatibilidade do substrato com a superfície de aplicação, garantindo uma facilidade no ganho de aderência, gerando uma economia de tempo na aplicação.

- Forma uma membrana monolítica (única e indivisível), auxiliando na execução de arremates e rodapés complexos.
- Ser bem elástico e de fácil espalhamento, fator que reduz o consumo, maximizando a produção.
- De acordo com a VIAPOL e empresas do ramo, apresenta um longo tempo de vida útil.
- Ser seguro e funcional, pois é liso, antiderrapante e incombustível.

**NBR 13531.** Elaboração de projetos de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GRANATO, José Eduardo. Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, IBI, São Paulo, 13 set. 2015 **Sistemas de Impermeabilização de Poliuretano Expostos às Intempéries e Sujeitos a Trânsito de Pessoas ou Veículos**, São Paulo, 2015, IBI, 8 p.

VASCONCELOS, Paulo Henrique C. de O., Bauer, Elton. **Correlação entre as propriedades mecânicas de materiais impermeabilizantes a base de elastômeros de poliuréia e poliuretano com o desempenho do sistema aplicado em lajes estruturais**. 2015. 180 p. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil do Departamento De Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2015.

**NBR 15487.** Membrana de poliuretano 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.

**VIAPOL.** Manual Sistema VULKEM. São Paulo, 2013. 6 p.