



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica

A IMPORTÂNCIA DO PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Felipe Flores Soares

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Eduardo Linhares Qualharini

Rio de Janeiro / RJ

Agosto de 2014

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinado por:

Prof. Eduardo Linhares Qualharini (orientador)

Prof. Ana Catarina Jorge Evangelista

Eng^a Thais Mangano da S. Miranda

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO DE 2014

Soares, Felipe Flores

A importância do Projeto de Impermeabilização em Obras de Construção Civil/ Felipe Flores Soares. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014.

IX, 120 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Eduardo Linhares Qualharini

Projeto de Graduação – UFRJ / Escola Politécnica / Curso de Engenharia Civil, 2014

Referências Bibliográficas: p. 117-120

1. Introdução; 2. Aspectos da Impermeabilização; 3. Componentes do Sistema de Impermeabilização; 4. Classificação dos Sistemas Impermeabilizantes; 5. Considerações Finais I. Eduardo Linhares Qualharini. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil. III. A Importância do Projeto de Impermeabilização em Obras de Construção Civil

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me ajudaram durante o trabalho e por todo o curso. Aos amigos que conheci durante o curso, digo que a amizade ficará por toda a vida.

Agradeço especialmente a minha família, pais, irmãs e avós, por toda a paciência. Sei que é complicado. Mas não conseguiria nada sem vocês.

Quanto ao trabalho, agradeço a Engenheira Thaís Miranda pelo apoio e pelo tempo. Agradeço, também, ao Professor Eduardo Qualharini por toda as orientações feitas.

Já aos funcionários da Progecon Engenharia dou meus agradecimentos pelo muito que aprendi fora da sala de aula.

Por último, agradeço a minha namorada, Olívia, não só pela para fazer o trabalho, mas também por toda o curso. Desde de física.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica / UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

A IMPORTÂNCIA DO PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Felipe Flores Soares

AGOSTO / 2014

Orientador: Eduardo Linhares Qualharini

Curso: Engenharia Civil

Os sistemas de impermeabilização sempre se caracterizaram por serem executados a partir de conhecimentos empíricos e na ausência de projetos específicos. Tendo se caracterizado, com o passar do tempo, como um dos maiores responsáveis pelas patologias das construções. Nos últimos anos este panorama parece estar em mudança, com a criação, inclusive, da **ABNT NBR 9575 – Impermeabilização: Seleção e Projeto de Impermeabilização de 2003**. Cada vez mais os projetos e detalhamentos de impermeabilização vêm sendo solicitados nas construções. Neste trabalho apresentam-se os mais diversos tipos de impermeabilização, os possíveis métodos a serem utilizados e as corretas técnicas de execução. Além de possíveis soluções de projeto a serem adotadas. Para a melhor exemplificação, estudos de caso de obras serão apresentados, além de casos de execução de diferentes métodos. Também serão mostradas patologias decorrentes da incorreta aplicação de técnicas e escolhas inadequadas de soluções de projetos e os impactos delas decorrentes.

Palavras-chave: sistemas de impermeabilização, patologias, projetos de impermeabilização

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements degree of Engineer.

WATERPROOFING TECHNIQUES

Felipe Flores Soares

AGOSTO / 2014

Advisor: Eduardo Linhares Qualharini

Course: Civil Engineering

The system of waterproofing are known by being executing with empirical knowledge and the absence of specific projects. As time passes, those systems have been characterized as one of main responsible for the pathologies of buildings. Over the recent years, this panora seems to be changing, due to the establishment ,inclusive the ABNT NBR 9575 – Impermeabilização: Seleção e Projeto de Impermeabilização de 2003. Increasingly, the projects and detailing of waterproofing in buildings are being requested. This paper intent to present the most diverse types of waterproofing, the possible methods to be used and the correct executions techniques. Besides, possible project solutions to be adopted. For the best exemplification, case studies of work will be present, in addition to the cases of execution of different methods. There also will be shown the pathologies resulting from incorrect application of techniques and inadequate choices of project solutions and their impacts.

Key words: System of waterproofing, pathologies, projects of waterproofing

SUMÁRIO

GLOSSÁRIO	9
<i>1. INTRODUÇÃO</i>	11
<i>1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO</i>	11
<i>1.2 JUSTIFICATIVA</i>	11
<i>1.3 OBJETIVO DO TRABALHO</i>	13
<i>1.4 METODOLOGIA</i>	13
<i>1.5 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO</i>	14
<i>2. ASPECTOS DA IMPERMEABILIZAÇÃO</i>	15
<i>2.1 ASPECTOS DA IMPERMEABILIZAÇÃO</i>	15
2.1.1 DURABILIDADE DA EDIFICAÇÃO	15
2.1.2 CONFORTO E USABILIDADE	16
2.1.3 PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE	17
<i>2.2 MECANISMOS DE ATUAÇÃO DAS ÁGUAS NAS CONSTRUÇÕES</i>	18
2.2.1 UMIDADE DE INFILTRAÇÃO	19
2.2.2 UMIDADE ASCENDENTE	20
2.2.3 UMIDADE POR CONDENSAÇÃO	21
2.2.4 ÁGUA POR PRESSÃO	22
<i>3. COMPONENTES DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO</i>	25
<i>3.1 BASE E CAMADA DE REGULARIZAÇÃO</i>	25
3.1.1 CAIMENTOS	26
<i>3.2 CAMADA DE BERÇO E CAMADA AMORTECEDORA</i>	29
<i>3.3 CAMADA IMPERMEÁVEL</i>	31
<i>3.4 PROTEÇÃO MECÂNICA</i>	31
3.4.1 ISOLAMENTO TÉRMICO	34
<i>3.5 DETALHES CONSTRUTIVOS</i>	38
3.5.1 RALO	38
3.5.2 RODAPÉ	42
3.5.3 CUMBAMENTOS	44
3.5.4 SOLEIRA	44

3.5.5	PINGADEIRA	46
3.5.6	JUNTAS DE DILATAÇÃO	50
4.	CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES	53
4.1	IMPERMEABILIZAÇÃO RÍGIDA	54
4.1.1	ARGAMASSA IMPERMEAVEL COM ADITIVO HIDRÓFUGO ...	54
4.1.2	CRISTALIZANTES	57
4.1.3	IMPERMEABILIZANTE DE PEGA ULTRA-RÁPIDA	64
4.1.4	ARGAMASSA POLIMÉRICA	68
4.1.5	ESTUDO DE CASO: GARAGEM EM SUBSOLO	76
4.2	IMPERMEABILIZAÇÃO FLEXÍVEL	83
4.2.1	MEMBRANAS	84
4.2.2	MANTA ASFÁLTICA	88
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
5.1	CRÍTICAS	113
5.1.1	FORMAÇÃO DE MÃO DE OBRA	113
5.1.2	FORMAÇÃO DE PROJETISTAS	115
5.2	SUGESTÕES	115
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117

Figura 1: Gastos conforme o tempo em dada edificação – Fonte: Estudo dos Sistemas de Impermeabilização – Venturini, 2009	12
Figura 2: Infiltração em laje de concreto - Fonte: O autor	17
Figura 3: Atuações dos fluidos numa mesma edificação – Fonte: Casa d’água. 19	
Figura 4: Mecanismos de umidade ascendente – Fonte: Casa D’água.....	20
Figura 5: Umidade de condensação em casa de máquinas Fonte: O autor.....	21
Figura 6: Pressão positiva – Fonte: O autor.....	22
Figura 7: Pressão negativa – Fonte: O autor.....	22
Figura 8: Garagem com efeitos umidade por pressão negativa – Fonte: O autor	23
Figura 9: Pressão bilateral – Fonte: O autor	23
Figura 10: Exemplo de caimentos em laje com 1 coletor – Fonte: Casa d’água	26
Figura 11: Influência de 2 ralos - Fonte: O autor	27
Figura 12: Corte de laje da figura 11 – Fonte: O autor.....	27
Figura 13: Influência de 4 ralos na laje – Fonte: O autor	28
Figura 14: Representação de camadas de berço e amortecedora – Fonte: O autor	30
Figura 15: Sistema impermeabilizante com camada de berço.....	30
Figura 16: Filme alumínio – Fonte: Freitas Jr., Apostila de Aula	32
Figura 17: Fragmentos de rocha – Fonte: Freitas Jr, Apostila de Aula	32
Figura 18: Camadas de sistema de impermeabilização flexível – Fonte: O autor	33

Figura 19: Laje com fissura na pavimentação - Fonte: O autor	33
Figura 20: Detalhe do isolamento térmico – Fonte: Cetimper	37
Figura 21: Vazamento em ralos - Fonte: O autor	38
Figura 22: Detalhamento de ralo - Fonte: O autor.....	39
Figura 23: Coletor sem impermeabilização Fonte: O autor.....	39
Figura 24: Rebaixamento da área do ralo - Fonte: O Autor	40
Figura 25: Execução de impermeabilização do ralo – Fonte: O Autor	40
Figura 26: Biselamento das tiras de manta – Fonte:O Autor.....	41
Figura 27: Colagem da segunda camada de reforço da manta – Fonte:O Autor	41
Figura 28: Biselamento final – Fonte: O autor	41
Figura 29: Detalhe do ralo já executado – Fonte: Cetimper	42
Figura 30: Rodapé de manta asfáltica – Fonte: O autor	43
Figura 31: Trinca no emboço na altura do fim do rodapé – Fonte: O autor	44
Figura 32: Detalhe de impermeabilização em varanda – Fonte: Cetimper.....	45
Figura 33: Detalhe de soleira em porta de varanda – Fonte: Cetimper	46
Figura 34: Detalhe de pingadeira – Fonte: O autor	46
Figura 35: Fluxo em chapim sem pingadeira – Fonte: O autor	47
Figura 36: Fluxo em chapim com pingadeira – Fonte: O autor.....	47
Figura 37: Fluxo água: a (peitorial com avanço), b (peitoril sem avanço lateral) Fonte: USP, 1995.....	48
Figura 38: Muro com manchas, devido falta de pingadeira – Fonte: O autor	48

Figura 39: Chapim sem pingadeira em muro – Fonte: O autor	49
Figura 40: Chapim com pingadeira – Fonte: O autor	49
Figura 41: Detalhe de impermeabilização em junta de dilatação – Fonte:	50
Figura 42: Junta de dilatação com o preenchimento de mástique já iniciado – Fonte: Cetimper	51
Figura 43: Junta de dilatação preenchida de mástique – Fonte: Cetimper	51
Figura 44: Faixa de manta sendo colada apenas na junta de dilatação – Fonte: Cetimper	51
Figura 45: Tipos possíveis de impermeabilização – Fonte: Sérgio Cardoso Pousa, diretor da Proiso Projetos e Consultoria, e Maria Amélia Silveira, assessora técnica do Instituto Brasileiro de Impermeabilização	53
Figura 46: Aplicação de argamassa com colher de pedreiro e desempenadeira de madeira – Fonte: Revista Técnica – Edição 115 - Novembro/2006.....	55
Figura 47: Parede com patologia decorrente de umidade ascendente – Fonte: O autor	56
Figura 48: Processo de cristalização do concreto – Fonte: Xypex	58
Figura 49: Aplicação de jato de água para limpeza da superfície – Fonte: O autor	60
Figura 50: Mistura mecânica do produto – Fonte: O autor	61
Figura 51: Aplicação com trincha – Fonte: O autor	61
Figura 52: Aplicação nos cantos – Fonte: O autor	62
Figura 53: Falhas de concretagem nos encontros – Fonte: O autor.....	63
Figura 54: Estrutura com cantos vivos – Fonte: O autor	63

Figura 55: Detalhamento de meia cana executada em estrutura de concreto – Fonte: O autor.....	64
Figura 56, a,b,c,d: Aplicação impermeabilizante de pega ultra-rápida – Fonte: Ventutini, 2008	65
Figura 57: Dreno para tamponamento de vazamento – Fonte: O autor.....	66
Figura 58: Estrutura com jorro d’água – Fonte: O autor	67
Figura 59: Colocação de tubo no local do vazamento e tamponamento radial – Fonte: O autor.....	67
Figura 60: Vista superior de tamponamento de jato d’água – Fonte: O autor....	68
Figura 61: Aplicação de argamassa polimérica à trincha – Fonte: Revista Técnica – Edição 115 - Novembro/2006	71
Figura 62: Aplicação de argamassa polimérica com desempenadeira metálica – Fonte: Revista Técnica – Edição 115 - Novembro/2006.....	71
Figura 63: Aplicação de estruturante em reservatório – Fonte: Cetimper.....	72
Figura 64: Armadura aparente em reservatório – Fonte: Cetimper	73
Figura 65: Área de reservatório com recobrimento refeito – Fonte: Cetimper ..	74
Figura 66: Juntas de concretagem tratadas com argamassa tipo Grout – Fonte: Cetimper	74
Figura 67: Tampa de cisterna corroída – Fonte: O autor.....	75
Figura 68: Produto cristallizante – Fonte: Viapol.....	77
Figura 69: Parede e teto de subsolo impermeabilizadas – Fonte: O autor.....	78
Figura 70: Dreno e bomba de sucção em subsolo – Fonte: O autor	78
Figura 71: Estrutura demolida para manutenção do pé direito – Fonte: O autor	80

Figura 72: Áreas das vigas com pontos de infiltração – Fonte: O autor.....	80
Figura 73: Telas de aço superiores e inferiores – Fonte: O autor	81
Figura 74: Sacos de cristalizantes <i>Xypex</i> – Fonte: O autor.....	82
Figura 75: Viga concretada em fôrma metálica.....	83
Figura 76: Membrana asfáltica da <i>Viapol</i> - <i>Viapol</i>	87
Figura 77: Serviços preliminares para impermeabilização com manta asfáltica - Fonte: O autor.....	93
Figura 78: Meia cana - Fonte: Métodos executivos de impermeabilização	94
Figura 79: Laje com imprimação já executada - Fonte: O autor	95
Figura 80: Imprimação com rolo de lã de carneiro - Fonte: métodos executivos de impermeabilização – Freire, 2007	95
Figura 81: Emenda das mantas - Fonte: O autor	96
Figura 82: Rodapé com manta asfáltica - Fonte: Métodos executivos de impermeabilização – Freire, 2007	97
Figura 83: Teste de estanqueidade - Fonte: Métodos executivos de impermeabilização – Freire, 2007	97
Figura 84: Terraço de edificação na Saúde, Rio de Janeiro – Fonte: O autor	98
Figura 85: Laje com estado de conservação ruim – Fonte: O autor	99
Figura 86: Execução errada de manta asfáltica sem rodapé – Fonte: O autor....	99
Figura 87: Guarda-corpo com manta asfáltica embutida sob o chapim – Fonte: O autor.....	100
Figura 88: Manta colada por todo o guarda-corpo – Fonte: O autor	101

Figura 89: Laje descoberta após impermeabilização – Fonte: O autor.....	101
Figura 90: Bases de concreto para fixação de antena em terraço – Fonte: O autor	102
Figura 91: Cobertura com manta asfáltica aluminizada Fonte: O autor	103
Figura 92: Calha com vazamentos – Fonte: O autor	106
Figura 93: Cobertura com folhas e galhos – Fonte: O autor.....	106
Figura 94: Calha com manta colocada somente na emenda – Fonte: O autor..	107
Figura 95: Calha com manta colocada apenas na parte côncava – Fonte: O autor	107
Figura 96: Fachada com marquise de edificação na Ilha do Governador, Rio de Janeiro.....	109
Figura 97: Marquise com manta asfáltica aluminizada já aplicada – Fonte: O autor	110
Figura 98: Marquise e forro de gesso impermeabilizados – Fonte: O autor	110
Figura 99: Antena chumbada sobre manta auto-protegida – Fonte: O autor....	111
Figura 100: Impermeabilização em haste de antena – Fonte: O autor	111

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Atuação dos Fluidos – Fonte: Métodos Executivos de Impermeabilização de um Empreendimento Comercial de Grande	18
Tabela 2: Local, tipo de umidade e impermeabilização – Fonte: O autor	24
Tabela 3: Cálculo de sobrepeso	28
Tabela 4: Custos de camada regularizadora – Fonte: SCO-RJ.....	29
Tabela 5: Composição de custos de camada regularizadora – Fonte: SCO-RJ..	29
Tabela 6: Temperaturas interna e desejada – Fonte: ASHRAE Handbook of Fundamentais.....	34
Tabela 7: Características do material isolantes – Fonte: Texsa – manual técnico	35
Tabela 8: Coeficientes de transmissão de calor da laje – Fonte: Texsa – manual técnico.....	35
Tabela 9: Valores médios de temperaturas finais – Fonte: ASHRAE Handbook of Fundamentais	35
Tabela 10: Fluxo de calor e consumo de energia em laje com e sem isolamento – Fonte: Texsa – manual técnico	36
Tabela 11: Tipos desempenho e durabilidade de mantas – Fonte: o autor	91
Tabela 12: Tipos de resistência à tração de mantas – Fonte: o autor.....	92
Tabela 13: Classificação de mantas asfálticas – Fonte: NBR 9952/2007.....	92

GLOSSÁRIO

Aditivos: Substâncias que são adicionadas à mistura com o objetivo de modificar uma ou mais propriedades ou características do concreto ou argamassa.

Argamassa: materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais. (Livro: Materiais de Construção Civil Organizador/Editor: Geraldo C. Isaia)

Argamassa tipo Grout: é uma argamassa composta por cimento, areia, quartzo, água e aditivos especiais, que tem como destaque sua elevada resistência mecânica.

Cobrimento: espessura de concreto entre a face interna da fôrma e a armadura. Fonte: Dicionário do concreto – ABESC

Concreto endurecido: concreto que se encontra no estado sólido e que desenvolveu resistência mecânica. Fonte: Dicionário do concreto – ABESC

Concreto Fresco: concreto que está completamente misturado e que ainda se encontra em estado plástico, capaz de ser adensado por um método escolhido. Fonte: Dicionário do concreto – ABESC

Cristalizantes: compostos químicos que, ao entrarem em contato com a água de infiltração, cristalizam-se para constituir uma barreira impermeável resistente a pressões negativas.

Cura: conjunto de medidas que devem ser tomadas a fim de evitar a evaporação da água necessária às reações de hidratação do cimento nas primeiras idades. Fonte: Dicionário do concreto – ABESC

Desmoldante: substância química utilizada pra evitar a aderência do concreto à fôrma. Fonte: Dicionário do concreto – ABESC

Eflorescência: depósitos cristalinos de cor branca que surgem na superfície do revestimento, como piso (cerâmicos ou não), paredes e tetos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas”. Santos e Silva Filho (2008)

Junta de dilatação: separação entre duas partes de uma estrutura, permitindo assim que ambos os elementos possam movimentar-se (retração e contração), sem que haja transmissão de esforço entre eles.

Espaçadores: dispositivos colocados entre as armaduras e a face interna da fôrma, de modo a garantir o cobrimento necessário. Fonte: Dicionário do concreto – ABESC

Nichos de Concretagem: falhas de concretagem que ocasionam vazios no concreto, devido principalmente à falta de vibração. Fonte: Dicionário do concreto – ABESC

Pega do Concreto: início da solidificação da mistura fresca. Fonte: Dicionário do concreto – ABESC

Traço: proporção entre os componentes da mistura.

Tinta epóxi: sintéticas e não solúveis em água, e têm usos mais específicos, como, por exemplo, a pintura de caixas d'água

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Hoje, com a exigência de qualidade cada vez maior no mercado e promulgação da Norma de Desempenho, há uma preocupação crescente das construtoras quanto à qualidade dos seus serviços executados, além da possibilidade de uso com toda capacidade de serviço das edificações durante a vida útil das construções.

Visto que a água, em seus três estados físicos (gasoso, líquido, sólido), é uma das grandes responsáveis pelas patologias nas construções, sendo, de acordo com levantamentos realizados por setores ligados à construção civil, um dos principais causadores de patologias nas edificações, diversos sistemas e técnicas vêm sendo desenvolvidos, para que as agressões e deterioração ocasionadas pela água sejam evitadas.

Desta maneira, a escolha correta dos métodos a serem escolhidos e um bom projeto de impermeabilização, pratica ainda pouco adota, se tornaram imprescindíveis.

1.2 JUSTIFICATIVA

A construção civil, em linhas gerais, se baseia em três pontos principais: atendimento as necessidades do cliente, aos custos e aos prazos. Desta maneira, há constantes estudos e tentativas de melhorias das soluções construtivas, tanto a partir da melhoria das técnicas quanto com o surgimento e aperfeiçoamento de novos materiais.

No entanto, vê-se um abismo entre as práticas aconselhadas e o realmente aplicado nos canteiros. Devido os mais diversos motivos, dentro os quais: a falta de qualificação e treinamento da mão de obra, a falta de difusão dessas práticas e importância indevida dada a estudos prévios para detalhamentos e projetos. Que, além de garantirem a funcionalidade correta do sistema, trabalham de maneira a diminuir os custos gastos com a impermeabilização, visto que, de acordo com Venturini (2009), “quanto maior o atraso para o planejamento e execução do processo de impermeabilização mais oneroso o mesmo ficará, chegando a custar até 15 vezes mais, quando o mesmo é executado depois que o problema surgir e o usuário final estiver

habitando o imóvel”. Conforme explicitado na figura 1 abaixo, que correlaciona os gastos com o tempo da edificação, desde o projeto até a edificação habitada.

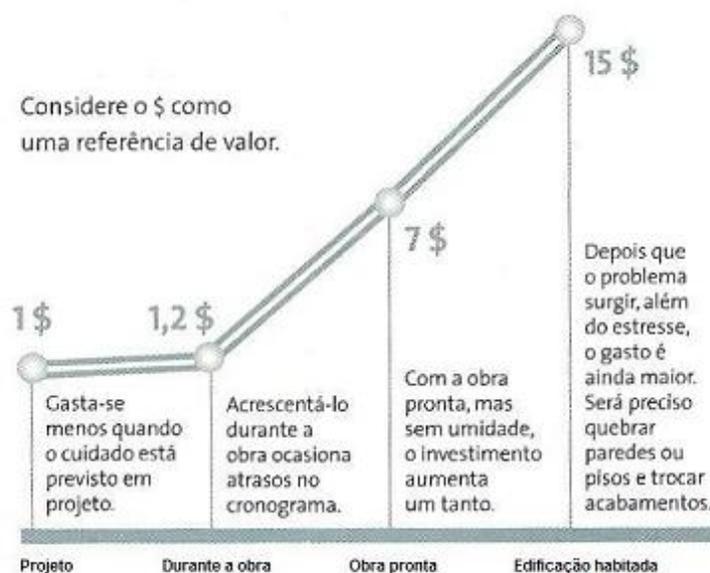


Figura 1: Gastos conforme o tempo em dada edificação – Fonte: Estudo dos Sistemas de Impermeabilização – Venturini, 2009

E, o que é visto no Brasil, na grande maioria das obras, é uma transmissão de métodos executivos a partir de conhecimentos empíricos, sem fundamentos teóricos e estudos, que levam a sucessão de erros durante a execução dos mais diversos serviços durante a obra. Com erros executivos sendo transmitidos como a maneira correta de trabalho.

E sendo o sistema de impermeabilização um elemento que não fica as vistas do cliente e, em muitas vezes, seus defeitos somente são notados anos depois, é ele um dos que mais sofre com indevidas práticas.

Além disso, mesmo não sendo difícil entender, que sem um projeto e detalhamento elaborados desde o início da fase de projetos e planejamentos de construção, há riscos eminentes de atrasos e falhas construtivas, esta continua a ser uma prática comum no país.

Justificando o trabalho como uma maneira de informar os procedimentos corretos de execução e importância do estudo prévio de certa técnica a ser empregada,

além da devida valorização dos projetos de impermeabilização. Pois, sendo a etapa da impermeabilização uma fase das mais importantes para tornar a construção protegida, a sua correta execução evita comprometimentos da edificação e preserva sua vida útil

1.3 OBJETIVO DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo apresentar as devidas técnicas de impermeabilização e classificar e definir os sistemas de impermeabilização e seus componentes. Serão descritos os fatores que influenciam na escolha do sistema a serem utilizadas, e possíveis soluções de projeto para alguns certos casos.

Assim, o trabalho visa contribuir para o entendimento da importância dos projetos e detalhamentos de impermeabilização e da difusão das corretas técnicas de execução.

1.4 METODOLOGIA

A escolha do caminho a ser seguido durante o trabalho se deu pela observação, no cenário da construção civil brasileira, da não utilização de projetos de impermeabilização e a observação da prática de recorrentes erros na execução dos sistemas de impermeabilização.

Assim, em primeiro lugar, propôs-se definir os diversos tipos de sistemas de impermeabilização, a partir da leitura das Normas em vigor e a pesquisa nos manuais técnicos dos principais fornecedores. Além da consulta a profissionais ligados a esse ramo da engenharia e outros estudos previamente feitos.

Após um maior conhecimento teórico obtido e maior quantidade de conceitos retirados da bibliografia utilizada, acompanhamentos de obras foram utilizados como trabalhos práticos para melhor análise de possíveis soluções a serem utilizadas. Desta maneira, procurou-se englobar os diversos métodos possíveis a serem utilizados.

A partir da revisão bibliográfica e da experiência teórica expõem-se as práticas corretas, os cuidados a serem tomadas na escolha dos métodos e materiais a serem utilizados e os pontos importantes para a manutenção do sistema.

1.5 *ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO*

O trabalho está dividido em 5 partes principais: Introdução, Revisão Bibliográfica, Estudos de Caso, Panorama Atual da Indústria da Impermeabilização e Considerações Finais. O conteúdo de cada uma dessas partes está mostrado a seguir.

Introdução: Nessa parte é apresentada a proposição do tema e especificado o objetivo do trabalho. Inclui-se também uma análise da importância desse estudo, para contribuir com a disseminação das corretas práticas de execução das técnicas de impermeabilização.

Revisão Bibliográfica: Trecho onde há uma revisão dos conceitos utilizados para a perfeita abordagem do tema discutido, definição e classificação dos componentes do sistema de impermeabilização. Ela se estrutura em três grandes capítulos: o de componentes do sistema de impermeabilização; a classificação dos tipos de sistemas adotados de acordo com o problema a ser combatido; e as patologias consequentes em defeitos provenientes da escolha ou execução dos sistemas de impermeabilização ou vindos de erros na manutenção do sistema.

Estudos de Caso: Apresentam todo o ciclo do processo de impermeabilização, desde a escolha do sistema a execução dos serviços. São estudos de casos de alguns dos sistemas apresentados, relatando as experiências negativas e positivas presenciadas, de maneira a enumerar possíveis soluções práticas.

Panorama Atual: Relata as tendências observadas na indústria da impermeabilização, tanto no âmbito dos projetistas quanto no dos executores, e as análises da mão de obra, suas lacunas e meios possíveis de formação.

Considerações Finais: Capítulo final em que são relatadas as impressões vistas no mercado da impermeabilização brasileiro, os erros mais cometidos e as observações notadas nos sistemas apresentados.

2. ASPECTOS DA IMPERMEABILIZAÇÃO

De acordo com a NBR 9575/2003 o Sistema de Impermeabilização é: “Conjunto de produtos e serviços destinados a conferir estanqueidade as partes de uma construção.” Sendo esta estanqueidade definida, na mesma Norma, como: ”Propriedade de um elemento (ou conjunto de componentes) de impedir a penetração ou passagem de fluídos através de si. A sua determinação está associada a uma pressão limite de utilização (a que relaciona-se as condições de exposição do elemento).”

Desta maneira, compreende-se melhor a definição de Firmino Siqueira, de que a impermeabilização é o envelope da edificação. Um sistema que protege a edificação das condições do meio onde está edificada, além do isolamento de certos cômodos da própria estrutura. Assim, diz-se que o sistema de impermeabilização visa atender três grandes aspectos, os quais podem existir juntos ou separadamente:

- durabilidade da edificação;
- conforto e usabilidade;
- proteção ao meio ambiente

A seguir, uma melhor análise de cada um desses aspectos será feita, de maneira a justificar sua importância para o sistema de impermeabilização.

2.1 ASPECTOS DA IMPERMEABILIZAÇÃO

2.1.1 DURABILIDADE DA EDIFICAÇÃO

A importância do Sistema de Impermeabilização, a partir da sua função protetora dos fluidos, está intrinsecamente ligada à durabilidade, sendo esta reconhecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas como: “capacidade de um item de desempenhar uma função requerida sob dadas condições de manutenção, até que um estado-limite seja alcançado”. Sendo este estado-limite caracterizado “pelo fim da vida útil, inadequação por razões econômicas ou técnicas e outros” (ABNT, 1994, p. 2). Já a vida útil é relacionada ao “intervalo de tempo ao longo do qual o edifício e suas partes constituintes atendem requisitos funcionais para os quais foram projetadas” (ABNT, 1999, p.2).

Assim, pode-se fazer um paralelo com a qualidade, já que, de acordo com a ISO 9000:2000, qualidade é “o grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz a requisitos”. E, dentre os requisitos que devem ser atendidos na construção civil cita-se: capacidade estrutural, funcionalidade, condições ideais de habitabilidade, baixo custo de operação e manutenção.

Citando QUERUZ (2007), deve-se compreender a patologia encontrada em uma dada edificação como consequência do processo de um agente qualquer sobre um determinado componente, sistema ou mesmo sobre o conjunto edificado e que gera um ou mais danos. O que justifica a importância do Sistema de Impermeabilização quanto à durabilidade, já que a água é sabidamente dos agentes mais agressivos as estruturas.

2.1.2 CONFORTO E USABILIDADE

O conforto do usuário o uso das edificações em sua plenitude são cada vez mais exigidos, à medida que padrões de qualidade estão cada vez mais disseminados e Normas como a de Desempenho estão em rigor.

Problemas como umidade, infiltrações e vazamentos se tornam, assim, condenáveis. Devido suas consequências quanto ao desconforto e problemas de saúde, principalmente os de origem alérgica. Além do agravante estético ocasionado por essas ocorrências, fator depreciador de qualquer edificação.

Restrições quanto ao uso também podem ocorrer em decorrência desses problemas, restringindo o uso de dada possibilidade de certa edificação ou, até mesmo, impedindo sua utilização, em casos mais extremos. Nesses casos, as perdas são, não apenas quanto ao desconforto do uso, mas também financeiras.

Já que as correções necessárias em sistemas de impermeabilização danificados, mal projetados ou erroneamente projetados implicam em intervenções em diversos componentes das construções, como revestimentos e pavimentações.

Isso ocorre, pois a impermeabilização, quando não exposta, fica sob outras camadas. Assim, para corrigi-la ou modifica-la é preciso que sejam demolidas e, posteriormente, refeitas as camadas superiores.

Na figura 2, vê-se um caso de infiltração de laje que restringe ao uso devido ao desconforto causado, além dos danos a edificação e sua consequente desvalorização.



Figura 2: Infiltração em laje de concreto - Fonte: O autor

2.1.3 PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE

Dos aspectos considerados é o mais recentemente incorporado, mas nem por isso o menos importante. E, pode-se dizer, deverá ganhar importância maior nos próximos anos com a difusão dos conceitos de sustentabilidade e as maiores preocupações ambientais.

Dentre os setores beneficiados por esta característica da impermeabilização podemos citar: tratamentos de lagoas e dejetos industriais, a fim de evitar a contaminação do solo e de aquíferos subterrâneos; e canais de irrigação de baixíssimo custo, que possibilitam não só a agricultura, mas também a arborização de faixas áridas.

2.2 MECANISMOS DE ATUAÇÃO DAS ÁGUAS NAS CONSTRUÇÕES

A água é um dos maiores causadores de patologias, de forma direta ou indireta, quer se encontre no estado de gelo, no líquido ou mesmo enquanto vapor de água. Pode ser vista como um agente de degradação ou como meio para a instalação de outros agentes. (QUERUZ, 2007).

Sabe-se, inclusive, que locais de climas úmidos com regime de chuvas mais intensos são mais prejudiciais a conservação das construções. Devido à ação da água como elemento de deterioração do material, ocasionando um intemperismo tanto químico quanto físico.

Desta maneira, a proteção da construção contra a água como agente de degradação se torna essencial para sua durabilidade e manutenção de uso dentro do desempenho adequado.

E, visto que, sua presença pode ser em diferentes estados, suas ações e efeitos podem ocorrer de diversas maneiras numa mesma construção, influenciando nos métodos de proteção a estrutura que serão utilizados.

Assim, o conhecimento das causas da umidade nas edificações é determinante nas definições de projeto e no tipo de Sistema de Impermeabilização a ser utilizado, como pode ser resumido na tabela 1 de atuação dos fluidos.

IMPOSIÇÃO	FORMA DE ATUAÇÃO
ÁGUA SOB PRESSÃO	UNILATERAL OU BILATERAL
ÁGUA DE PERCOLAÇÃO	CHUVA, LAVAGEM
UMIDADE DE SOLO	ÁGUA CAPILAR
ÁGUA DE CONDENSAÇÃO	SAUNAS, CAMARAS FRIGORÍFICAS

Tabela 1: Atuação dos Fluidos – Fonte: Freire, 2007

Visto isso, na figura 3 serão apresentadas as diversas formas de ação das águas nas edificações, para melhor embasamento na escolha do tipo de impermeabilização a ser aplicada. Já que, como observador na figura, uma mesma edificação pode sofrer com todos os tipos de atuação dos fluidos.

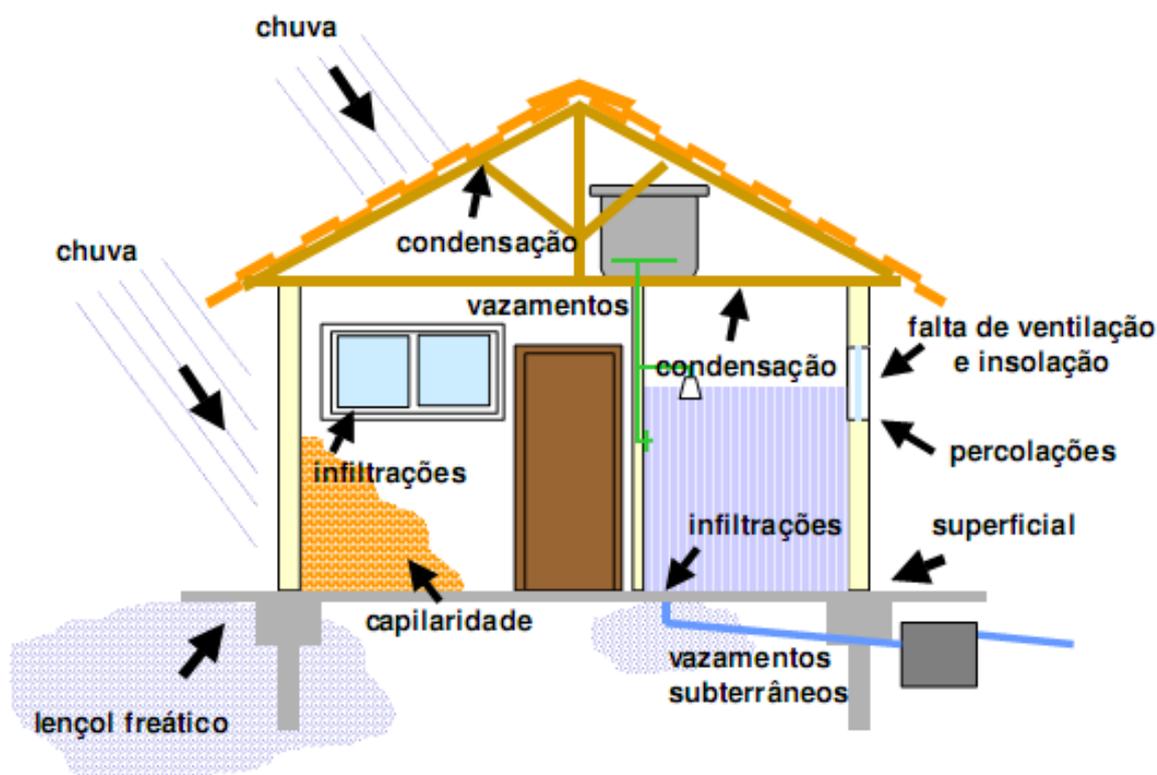


Figura 3: Atuações dos fluidos numa mesma edificação – Fonte: Casa d'água

2.2.1 UMIDADE DE INFILTRAÇÃO

De acordo com VENTURINI (2009), “é a umidade que passa de uma área para outra através de pequenas trincas nas divisórias que as separam”. Esta água de percolação, geralmente é ocasionada pela água da chuva e pode ser intensificada com o vento.

Devido á alta capacidade dos materiais de absorverem a umidade do ar ou mesmo por falhas no ponto de encontro de elementos construtivos, como esquadrias, estes são os maiores planos de fraqueza para este caso.

2.2.2 UMIDADE ASCENDENTE

A umidade ascensional ocorre devido ao fluxo ascendente da água, através do fenômeno da capilaridade. Onde o fluxo ocorre por pequenos canais na microestrutura dos materiais, canais esses inversamente proporcionais ao diâmetro dos vasos capilares, sendo esses relacionados aos vazios presentes. Na figura 4 pode-se ver o fluxo de água presente no solo através da porosidade existente.

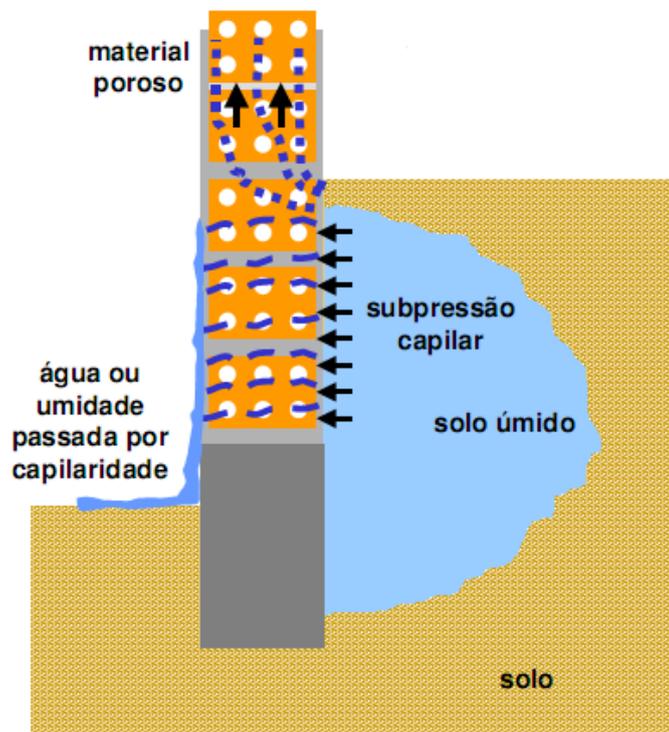


Figura 4: Mecanismos de umidade ascendente – Fonte: Casa D'água

A subida da água ocorre até que haja equilíbrio com a força da gravidade e é geralmente percebida em pisos e paredes, podendo, em casos mais críticos, atingir o teto da edificação.

Tal umidade se caracteriza pela presença de água no solo, tanto por fenômenos sazonais de aumento de umidade quanto por presença permanente de umidade de lençóis freáticos superficiais. No entanto, também pode ocorrer devido ao excesso de umidade presente em pisos de banheiros, por exemplo, sem a impermeabilização correta da parte inferior da parede.

Os efeitos da umidade ascendente podem ser observados das seguintes maneiras:

- Paredes: os efeitos são variados e ocorrem a partir do piso, sendo bolhas, manchas e eflorescências na pintura com posterior desagregação do revestimento (emboço, reboco e acabamento).

- Paredes com revestimento cerâmico: Há potencialização da capacidade de ascensão da umidade, pois a área de manifestação da umidade está restrita ou confinada pelos azulejos. Com isso, quando a umidade é muito severa, pode haver destacamento do revestimento cerâmico.

2.2.3 UMIDADE POR CONDENSAÇÃO

De acordo com a NBR 9575:2003, “é a água com origem na condensação de vapor d’água presente no ambiente sobre a superfície de um elemento construtivo deste ambiente”. Desta maneira, ocorre geralmente em saunas e frigoríficos.

Na figura 4, vê-se uma casa de máquinas de ar condicionado em que o revestimento da parede sofre com os efeitos da umidade de condensação, visto que parte da parede já está sem revestimento e há sinais de degradação na pintura.



Figura 5: Umidade de condensação em casa de máquinas Fonte: O autor

2.2.4 ÁGUA POR PRESSÃO

Ocorre em estruturas que estão sob o nível de água ou ainda em reservatórios ou piscinas. Este tipo de pressão de água pode ser bilateral ou unilateral, neste caso, positiva ou negativa.

Defini-se como água sob pressão positiva, a água que, confinada ou não, exerce pressão hidrostática superior a 1 kPa de forma direta a impermeabilização, de acordo com a NBR 9575:2003. Este caso é explicitado na figura 6.

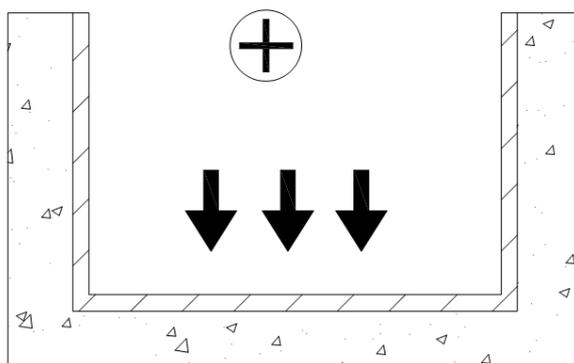


Figura 6: Pressão positiva – Fonte: O autor

Já a pressão negativa, assim como a positiva, é que a água que, confinada ou não, exerce pressão hidrostática superior a 1 kPa, mas de forma inversa a impermeabilização, conforme a figura numero 7, em que a pressão atuante é inversa a impermeabilização.

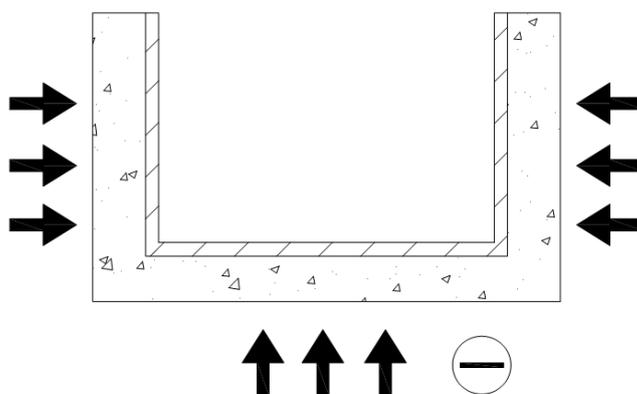


Figura 7: Pressão negativa – Fonte: O autor

Na figura 8 é visto um exemplo de pressão negativa em uma garagem de subsolo de uma edificação no bairro de Copacabana, Rio de Janeiro. É possível verificar a mancha causada na pintura devido à pressão negativa ocasionada, devido à presença de lençol freático.



Figura 8: Garagem com efeitos umidade por pressão negativa – Fonte: O autor

Já a pressão bilateral ocorre em estruturas que sofrem tanto a pressão positiva quanto a negativa, conforme a imagem abaixo. A esse caso são submetidos os reservatórios enterrados, como a figura 9, que representa uma estrutura sujeita a pressão bilateral.

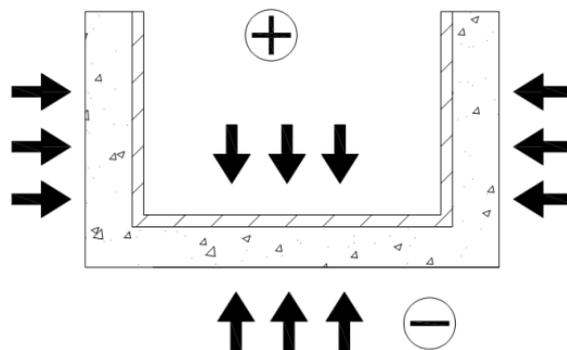


Figura 9: Pressão bilateral – Fonte: O autor

A tabela 2 exemplifica alguns locais e identifica qual sistema e material pode ser, usualmente, especificado de acordo com a pressão atuante.

LOCAL	TIPO DE PRESSÃO	SISTEMA
RESERVATÓRIOS ELEVADOS	UNILATERAL POSITIVA	FLEXÍVEL
BANHEIROS	UNILATERAL NEGATIVA	FLEXÍVEL
SUBSOLOS	UNILATERAL NEGATIVA	RÍGIDA

Tabela 2: Local, tipo de umidade e impermeabilização – Fonte: O autor

3.COMONENTES DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

O sistema de impermeabilização pode ser separado em diferentes grupos, que podem se diferenciar entre os diferentes sistemas utilizados. Desta maneira, separaremos o sistema de impermeabilização em quatro componentes:

- Base e camada de regularização
- Camada impermeável
- Proteção mecânica
- Detalhes Construtivos

3.1 BASE E CAMADA DE REGULARIZAÇÃO

A base e a camada de regularização determinam algumas das mais importantes exigências dos sistemas, a partir do seu grau de fissuração, deformabilidade devido às cargas e movimentação. Ou seja, com o estudo da estrutura a ser impermeabilizada determina-se características do sistema a ser utilizado.

Já a camada de regularização deve ter a função de regularizar o substrato a ser impermeabilizado, de maneira a proporcionar uma superfície uniforme de apoio adequado a camada impermeável. Sendo esta camada dimensionada de adequada a base. De acordo com a NBR 9574 em seu item 5.8 diz que “a superfície a ser impermeabilizada deve ser isenta de protuberâncias e com resistência e textura compatíveis como sistema de impermeabilização a ser empregado.”

A mesma NBR indica a execução da regularização, com argamassa de cimento e areia, com traço volumétrico (1:3), granulometria de areia de 0 mm a 3 mm e sem adição de aditivos. Devendo a camada de regularização ser perfeitamente aderida ao substrato.

A camada de regularização deve ter um caimento mínimo e previamente dimensionado para encaminhar os fluidos aos locais devidamente dimensionados em projeto.

3.1.1 CAIMENTOS

Os caimentos são necessários para que haja funcionamento correto do sistema, evitando a concentração de água e a encaminhando para seu destino final. Desta maneira, a determinação dos caimentos de uma laje de concreto faz parte do projeto de impermeabilização e deve ser feita na fase de anteprojeto de arquitetura. E o projeto de caimentos deve ser feito de acordo com os projetos hidrossanitários, já que para sua execução necessita-se da indicação dos ralos.

Com o objetivo de direcionar as águas para os ralos e evitar empoçamentos e concentração de água sob o revestimento, os caimentos devem ser executados corretamente na base da camada impermeabilizante. De acordo com a NBR 9575 - Elaboração de Projetos de Impermeabilização, a inclinação do substrato de áreas horizontais externas deve ser de, no mínimo, 1% em direção aos coletores de água. Já para calhas e áreas internas, é permitido um mínimo de 0,5%. A figura exemplifica os caimentos de uma laje recortada com apenas um coletor.

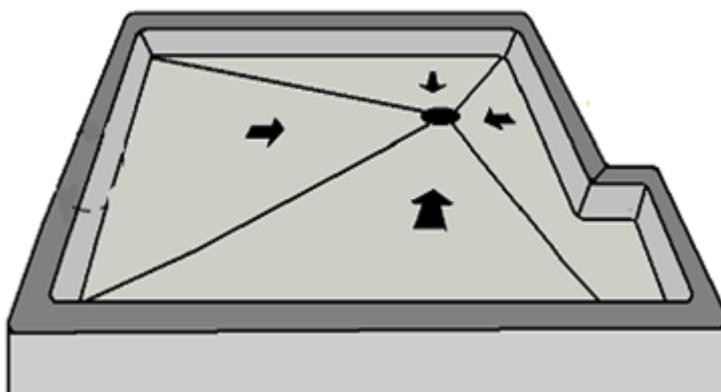


Figura 10: Exemplo de caimentos em laje com 1 coletor – Fonte: Casa d'água

Quanto ao número de ralos, deve haver previsão do número adequado de ralos para que a espessura total do serviço de impermeabilização e acabamento interfira da menor maneira possível nas cotas de arquitetura e para que não haja sobrepeso na laje.

Tal sobrepeso implica numa possível adição de ralos no projeto de hidráulica, a pedido do projetista de impermeabilização. Como melhor explicado no exemplo abaixo, em que é feita a comparação do peso aplicado em uma mesma laje nos casos de ralos em apenas um dos lados e em casos em que há ralos dos dois lados.

- Ralos em apenas um dos lados da laje

Na figura 11, apresentada abaixo, pode ser vista área de influência dos ralos, que neste caso, estão no mesmo lado da laje.

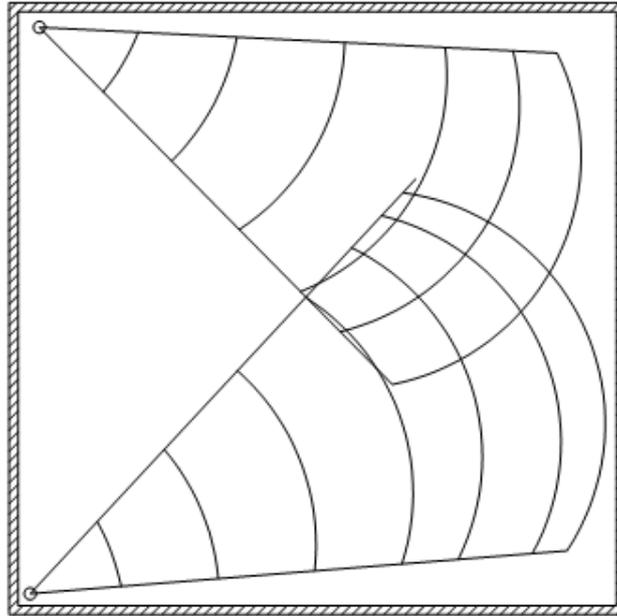


Figura 11: Influência de 2 ralos - Fonte: O autor

A partir do posicionamento desses ralos e da obrigatoriedade de caimento de, no mínimo 1%, faz-se o corte da laje, representado na figura 12. Nele podem ser vistas as alturas inicial e final da camada de regularização.

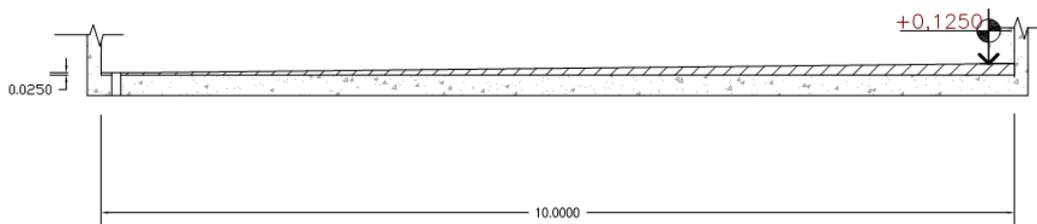


Figura 12: Corte de laje da figura 11 – Fonte: O autor

- Ralos em dois lados da laje

Na figura 13, apresentada abaixo, pode ser vista área de influência de 4 ralos, que neste caso, estão em lados opostos da laje.

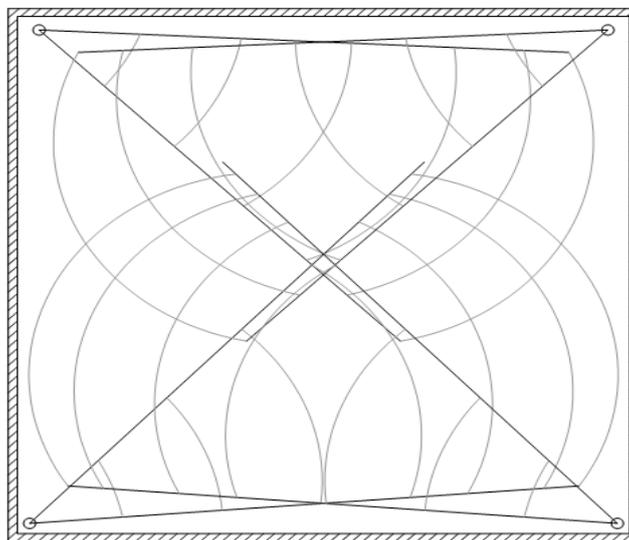


Figura 13: Influência de 4 ralos na laje – Fonte: O autor

A partir dos exemplos acima podemos fazer um estudo de como o sistema de impermeabilização pode estar relacionado a outros pontos da construção, como o sobrepeso nas lajes. Assim, demonstrado na tabela 3, que utiliza os volumes retirados das lajes representadas nas figuras 8 e 9, a partir dos seus cortes, chega-se aos sobrepesos em cada um dos casos:

	Ralo de um lado	Ralo nos dois lados
Volume (m³)	7,5	5
Densidade do Contrapiso	250 kg/m ³	
Peso (Kg)	1875	1250
Diferença de Peso:		625Kg

Tabela 3: Cálculo de sobrepeso – Fonte: Oautor

Deste cálculo pode-se fazer um paralelo com a durabilidade de estruturas de concreto, como marquises, que sofrem bastante com o fenômeno da fadiga, além da diferença econômica entre as duas possibilidades. Já que, de acordo com o Serviço de Custo de Obras (SCO) da Prefeitura do Rio de Janeiro, a base suporte, contrapiso ou camada regularizadora executada com argamassa de cimento e areia no traço 1:5, tem um custo de R\$12,88 por m² de acordo com o item de serviço 15.05.0050, mostrado na composição do item de serviço abaixo apresentado na tabela 4.

Item de Serviço	RV 15.05.0050 (/)	Mês/Ano de Referência	11/2013
Descrição	Base suporte, contrapiso ou camada regularizadora executada com argamassa de cimento e areia no traço 1:5, espessura de 1,5cm.		
Custo	12,88	Und. de Medida	m ²
Data da Criação	07/2003	Data da Exclusão	___/___/___

Tabela 4: Custos de camada regularizadora – Fonte: SCO-RJ

Deste custo apresentado, vê-se que a escolha da quantidade de coletores e seus posicionamentos têm influencia direta no custo de execução da camada regularizadora.

Descrição	Und. de Medida	Quantidade	Custo Unitário R\$	Custo Parcial R\$
Pedreiro - assentamento de tijolo, bloco de concreto, serviços de lançamento de concreto	h	0,40000000	12,50	5,00
Servente	h	0,40000000	9,13	3,65
3% incidente sobre mão de obra direta com Encargos Sociais para cobrir despesas de EPI e ferramentas	%	1,00000000	8,65	0,26
Argamassa de cimento e areia, no traço 1:5	m ³	0,01500000	264,38	3,97

Tabela 5: Composição de custos de camada regularizadora – Fonte: SCO-RJ

3.2 CAMADA DE BERÇO E CAMADA AMORTECEDORA

É uma camada sobressalente a camada de regularização, que além da função amortecedora tem a função de proteger a camada impermeável contra agressões provenientes do substrato. Sendo utilizada em conjunto com a camada amortecedora, a qual fica sob a proteção mecânica e protege mecanicamente a impermeabilização.

O desenho apresentado na figura 14 apresenta a configuração esquemática de um sistema de impermeabilização não aderido que utiliza camada de berço e camada de amortecimento.

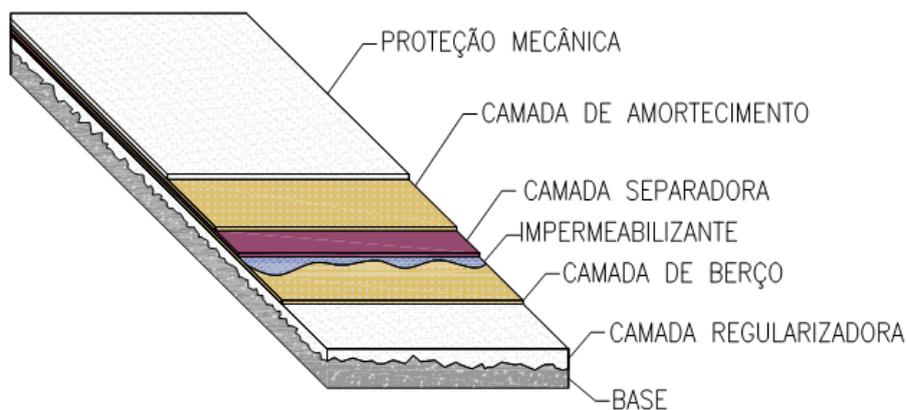


Figura 14: Representação de camadas de berço e amortecedora – Fonte: O autor

Tais componentes são utilizados em impermeabilizações não aderidas, ou seja, aquelas em que a camada impermeabilizante não fica em contato direto com o substrato. Mas sim entre as camadas de berço e de amortecimento. A figura 15, abaixo, indica as camadas de berço e amortecedora de um sistema de impermeabilização a ser executado.



Figura 15: Sistema impermeabilizante com camada de berço

– Fonte: Freitas Jr., apostila de aula, ano

3.3 CAMADA IMPERMEÁVEL

De acordo com a NBR 9575:2003 a camada impermeável “é o estrato com a função de prover uma barreira à passagem de fluidos”. Tal barreira pode ser de diferentes materiais de acordo com o sistema impermeabilizante escolhido, que serão apresentados de acordo com suas diferentes classificações a diante.

3.4 PROTEÇÃO MECÂNICA

A NBR 9575:2003 define a proteção mecânica como “a função de absorver e dissipar os esforços estáticos ou dinâmicos atuantes por sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra a ação deletéria destes esforços.” Esta proteção mecânica pode ser dividida em 3 grupos segundo CRUZ (2003):

- Proteção mecânica intermediária: devem servir de camada de distribuição de esforços e amortecimento das cargas na impermeabilização, provenientes das proteções finais ou pisos. A execução deve ter, no mínimo, 1,0 cm de espessura.

- Proteção mecânica final para solicitações leves e normais: são utilizadas para distribuir sobre a impermeabilização dos carregamentos normais. Estas proteções mecânicas devem ser dimensionadas de acordo com as solicitações e possuir resistência mecânica compatível com os carregamentos previstos. A proteção mecânica final deve ter espessura mínima de 3,0 cm.

- Proteção em superfície vertical: protege a impermeabilização do impacto, intemperismo e abrasão, atuando como camada intermediária quando forem previstos, sobre elas, revestimentos de acabamento. Nas impermeabilizações flexíveis, as camadas de proteção devem sempre ser armadas com telas metálicas fixadas, no mínimo, 5 cm acima da cota da impermeabilização. A armadura deve ser fixada mecanicamente à parede, sem comprometimento da estanqueidade do sistema.

É necessária quando o material usado como camada impermeabilizante não possui características técnicas para retardar o envelhecimento da impermeabilização pela ação das intempéries, agentes poluentes e deve ser resistente a raios ultravioletas.

Ou seja, os Sistemas de impermeabilização que dispensam a proteção mecânica são os que possuem acabamento superficial incorporado na fabricação, as mantas

asfálticas com acabamentos aluminizados ou granulares, das figuras 16 e 17 respectivamente.



Figura 16: Filme alumínio – Fonte: Freitas Jr., Apostila de Aula



Figura 17: Fragmentos de rocha – Fonte: Freitas Jr, Apostila de Aula

Este material, com proteção superficial, deve somente ser utilizado em áreas sem tráfego, como jardineiras, em outros casos deve-se executar uma proteção mecânica dimensionada de acordo com a finalidade futura da estrutura a ser impermeabilizada, levando em consideração, por exemplo, o tráfego e cargas incidentes. Casos que serão discutidos no decorrer do trabalho.

Já quando se faz uma proteção mecânica sobre uma camada impermeabilizante flexível, como mantas asfálticas, torna-se necessário o uso de uma Camada Separadora, que tem como função evitar que as tensões atuantes nas camadas de proteção mecânica, originadas por variações térmicas ou carregamentos, transmitam-se para a impermeabilização.

Sendo estas tensões atuantes maiores o quão maiores forem as áreas impermeabilizada e as variações térmicas, as camadas separadoras se tornam ainda mais preponderantes em grandes áreas descobertas.

Esta camada separadora impede a transmissão das tensões atuantes não deixando com que a proteção mecânica fique aderida na impermeabilização, como mostrado do esquema da figura 18.

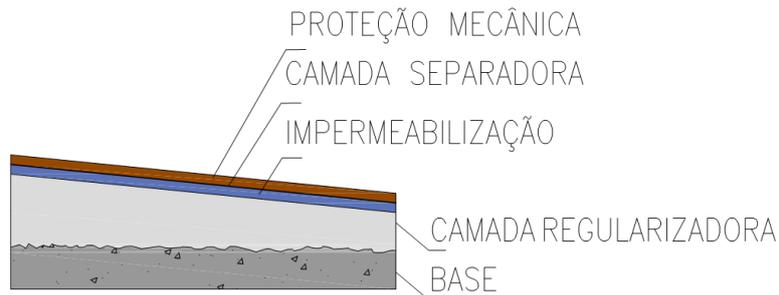


Figura 18: Camadas de sistema de impermeabilização flexível – Fonte: O autor

Com isso, impede-se que a movimentação da impermeabilização cause patologias na proteção mecânica como fissuras e rachaduras, devido sua contínua expansão e retração. Na figura 19, percebe-se um exemplo de revestimento fissurado.

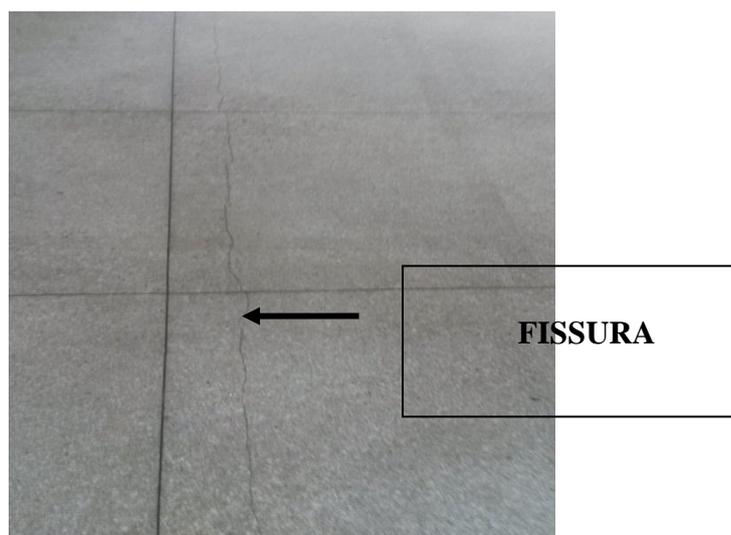


Figura 19: Laje com fissura na pavimentação - Fonte: O autor

3.4.1 ISOLAMENTO TÉRMICO

A função do isolamento térmico é de reduzir o gradiente térmico atuante sobre a camada impermeável, com o objetivo do aumento da vida útil do sistema. Pois, se sabe que todas as estruturas sofrem efeitos das dilatações e contrações, de acordo com a variação térmica e do coeficiente de dilatação térmica do material. Podendo, com tal comportamento da estrutura, causar fissuras e movimentos da estrutura prejudiciais ao sistema de impermeabilização.

Por isso, é recomendável em áreas que sofram ação intensiva de intempéries como sol e chuva. Locais com grande variação térmica entre dia e noite também são recomendados para o uso.

Além do aumento da durabilidade da impermeabilização, o isolamento térmico atende a outras duas importantes funções: o conforto e a economia de energia, decorrente da diminuição ou, até mesmo, da eliminação da necessidade de uso mecânico de refrigeração ou aquecimento.

A - ECONOMIA DE ENERGIA

Como forma de exemplificar o a economia energética, será apresentado o estudo utilizado pela TEXSA em seu manual de isolamento térmico, onde foram utilizados os cálculos extraídos do das tabelas 26 (pág. 491) e 12 b (pág. 446) do "ASHRAE Handbook of Fundamentais" (capítulos 27 e 28).

Desta maneira, utilizam-se os seguintes valores básicos de temperatura:

Temperatura externa máxima	95 °F = 35°C
Temperatura interna desejada	75 °F = 24°C

Tabela 6: Temperaturas interna e desejada – Fonte: ASHRAE Handbook of Fundamentais

Já o a espuma de cimento, apresenta as seguintes características:

Espessura	125 mm
Valor da condutância	0,10Btu/hft² °F=0,92kcal/hm² °C

Tabela 7: Características do material isolantes – Fonte: Texsa – manual técnico

E os coeficientes de transmissão de calor da laje com e sem isolamento térmico são:

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO DE CALOR DA LAJE	
Sem Isolamento	0,55 Btu/hft² °F = 2,68 kcal/hm² °C
Com Isolamento	0,14Btu/h ft² °F = 0,68 kcal/hm²°C

Tabela 8: Coeficientes de transmissão de calor da laje – Fonte: Texsa – manual técnico

Para estes dados, utilizou-se, para um rendimento nominal de 100 cal, um custo de 1000 kcal/h = 0,325. Após a definição desses valores, foram medidos os valores o diferencial de temperatura, para um período de 10 horas, na maior incidência do sol, nos dois métodos a serem comparados.

Assim, na tabela abaixo, apresentam-se os valores médios e máximos das temperaturas encontradas com e sem o uso do isolamento térmico.

COBERTURA SEM ISOLAMENTO		COBERTURA COM ISOLAMENTO	
Valor Médio	51,1 °F	Valor Médio	40,7 °F
Valor Máximo	74 °F	Valor Máximo	57 °F

Tabela 9: Valores médios de temperaturas finais – Fonte: ASHRAE Handbook of Fundamentais

Com os valores dos coeficientes de transmissão de calor e os valores médios de temperatura, é possível fazer os cálculos da transmissão de calor transmitidos que serão apresentados abaixo:

- Para uma cobertura sem isolamento

$$\text{valor médio: } (0,55 \times 51,1)\text{Btu/h ft}^2 = 28,1 \text{ Btu/h ft}^2 = 75,59 \text{ kcal/hm}^2$$

$$\text{valor máximo: } (0,55 \times 74)\text{Btu/h ft}^2 = 40,7 \text{ Btu/h ft}^2 = 109,48 \text{ kcal/hm}^2$$

- Para uma cobertura com isolamento

$$\text{valor médio: } (0,14 \times 40,7)\text{Btu/h ft}^2 = 5,7 \text{ Btu/h ft}^2 = 15,33 \text{ kcal/hm}^2$$

$$\text{valor máximo: } (0,14 \times 57)\text{Btu/h ft}^2 = 7,98 \text{ Btu/h ft}^2 = 21,46 \text{ kcal/hm}^2$$

Desta maneira, para uma área de 100 m², seriam necessários para compensar o calor que entra pela cobertura sem cobertura térmica, desconsiderando outras fontes de calor, 2 aparelhos de ar condicionado de 12.000 Btu (3.000 kcal), com o custo de instalação entre 3.000 à 3.400 BTN'S. Já o custo para se fazer o isolamento térmico na laje de cobertura do compartimento, com espuma de cimento, seria de 1.600 BTN'S. Ou seja, os aparelhos custam mais caro que o isolamento térmico.

Já os cálculos de economia de energia e o consumo de energia serão apresentados abaixo, para que aos custos do aparelho de ar condicionado deve-se acrescentar os custos permanentes da energia consumida e da manutenção.

	ÁREA DE 100 m ²			
	Fluxo de Calor (Kcal/hr)		Consumo de Energia (BTN/hr)	
	Valor Médio	Valor Máximo	Valor Médio	Valor Máximo
Sem Isolamento	7,559	10,948	0,90	1,31
Com Isolamento	1,533	2,146	0,18	0,26
Índice da Economia	6,026	8,802	0,72	1,05

Tabela 10: Fluxo de calor e consumo de energia em laje com e sem isolamento – Fonte: Texsa – manual técnico

Com o isolamento a energia que deixaria de ser consumida poderia ser assim calculada:

Tempo Total = 10 horas (por dia) x 20 (dias por mês) x 3 (meses) = 600 horas

Média de Economia = 600 hr x 0,72 (índice médio de economia) = 432 BTNs

Máximo de Economia = 600 hr x 1,05 (índice máximo de economia.) = 630 BTNs

Desta maneira, pode-se chegar a economia somando-se a diferença dos entre os custos de instalação entre os aparelhos e o isolamento, e a economia de consumo conforme o uso.

Economia Total em 3 meses = (3200 – 1600) + 432 = 2032 BTN's

Os cálculos apresentados demonstram as vantagens no aspecto econômico e da sustentabilidade, devido ao menor gasto energético. Mas, deve-se ressaltar, que a escolha do isolante deve ser feita de maneira criteriosa, de acordo com o clima local e o objetivo pretendido. No Rio de Janeiro, por exemplo, onde a maior preocupação é com as temperaturas elevadas, ocorreram casos em o poliestireno expandido derreteu sob a ação de forte calor. Já as placas de EPS devem ser especificadas quanto a espessura de acordo com a temperatura a que serão expostas.

B- ERRO DE EXECUÇÃO

Um erro de execução comum na utilização do isolamento térmico nos sistemas de impermeabilização é a colocação do isolamento térmico por baixo da manta, quando o melhor funcionamento se dá com a aplicação da manta diretamente sob a regularização e o isolamento acima, conforme a figura 20.

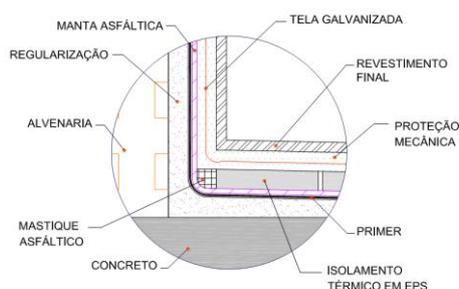


Figura 20: Detalhe do isolamento térmico – Fonte: Cetimper

Este erro é cometido pela falsa ideia de que o isolamento por cima da manta ficaria “encharcado” e assim não funcionaria corretamente. O que, quando utilizados materiais adequados, não ocorre, já que, de acordo com a NBR 793, as placas de poliestirenos extrudado, por exemplo, deve absorver 1% de água quando em submersão.

3.5 DETALHES CONSTRUTIVOS

Os detalhes construtivos, apesar de separadamente não constituírem um grupo sozinho do sistema de impermeabilização, são não menos importantes que os outros componentes do sistema.

Tais pontos da construção são, aliás, dos maiores causadores das patologias e problemas com impermeabilização, a partir de falhas ocorridas em encontros com ralos, juntas, mudanças de planos e passagens de tubulações. Ou seja, a perfeita execução desses detalhes construtivos garante a estanqueidade de pontos críticos.

3.5.1 RALO

O sucesso na execução de arremates de ralos é, provavelmente, o detalhe construtivo mais importante de todo o processo de impermeabilização, visto que este é o ponto de maior parte das falhas do sistema. Na figura 21, são vistas duas áreas de infiltração ao redor dos ralos.



Figura 21: Vazamento em ralos - Fonte: O autor

A NBR 9575/2003 indica que os coletores devem ter diâmetro que garanta a manutenção da seção nominal dos tubos prevista no projeto hidrossanitário após a

execução da impermeabilização, sendo o diâmetro nominal mínimo de 75 mm. Tal preocupação ocorre, pois, como as mantas adentram os coletores, há perda de diâmetro nominal. Assim, indica-se que se use um coletor de diâmetro maior para que se chegue ao diâmetro indicado em projeto, pois a entrada da camada impermeabilizante dentro do coletor faz com que seu diâmetro nominal diminua.

Desta maneira, como indicado na figura 22, o ideal seria o uso coletor de diâmetro maior seguido por uma bucha de redução que faça a transição do coletor que atenderá o ralo para a tubulação coletora das águas pluviais.

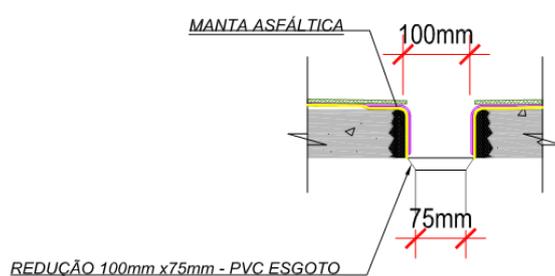


Figura 22: Detalhamento de ralo - Fonte: O autor

Vale ressaltar, que a execução da camada impermeabilizante antes do coletor de ralo é das mais comuns causas de patologias, pois, assim, não se faz ponte entre os dois sistemas. Este método errado de execução faz com que o fluido passe entre o coletor e a camada impermeabilizante.

Na figura 23, pode ser visto um ralo com este erro de execução, em que a camada impermeabilizante não foi posta por dentro do coletor. Além disso, vê-se claramente a falta de manutenção devido à quantidade de resíduos no coletor.



Figura 23: Coletor sem impermeabilização Fonte: O autor

A- ACABAMENTO DOS RALOS: PASSO A PASSO

Sendo o tratamento dos ralos um dos pontos mais críticos do sistema de impermeabilização, e as mantas asfálticas o material mais utilizado, será apresentado a seguir a metodologia executiva da aplicação deste material impermeabilizante nesse detalhe construtivo.

Passo 1: Rebaixamento da área do ralo

Deve ser verificado se a área do ralo está rebaixada, sendo o rebaixamento executado na camada de regularização. Indica-se que esta área rebaixada tenha em torno 40x40 cm.



Figura 24: Rebaixamento da área do ralo - Fonte: O Autor

Passo 2: Execução de ponte de impermeabilização entre ralo e laje

Enrola-se a manta de maneira a formar um tubo com em torno de 20 cm de comprimento, colocando-o metade para dentro do tubo e metade para fora. Então, com a colher de pedreiro já aquecida, começa-se o processo de biselamento da parte inferior da manta. Atentando para que durante o processo o tubo coletor não seja danificado.

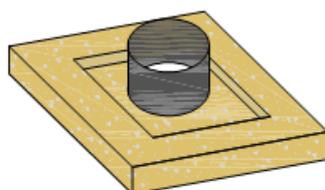


Figura 25: Execução de impermeabilização do ralo – Fonte: O Autor

Passo 3: Com um estilete, cortam-se tiras na porção superior da manta, a que ficou na superfície e faz-se o biselamento dessas tiras com a estrutura.

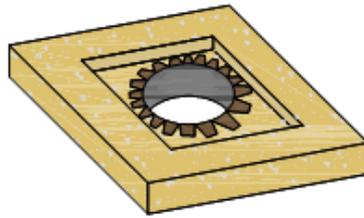


Figura 26: Biselamento das tiras de manta – Fonte:O Autor

Passo 4: Recorta-se mais um quadra do de manta nas dimensões do quadrado rebaixado da região do ralo, no caso da indicado de 40x40 cm. Este pedaço de manta é, então, sobreposto ao ralo e a parte central é cortada em fatias como de pizza.

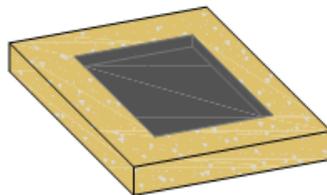


Figura 27: Colagem da segunda camada de reforço da manta – Fonte:O Autor

Passo 5: Empurram-se as pontas da manta previamente cortadas para dentro cole e faz-se o biselamento final.

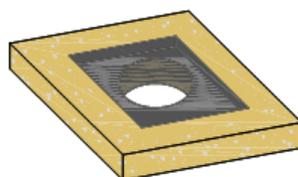


Figura 28: Biselamento final – Fonte: O autor

Na figura 29 indica-se a impermeabilização do detalhamento do ralo, já executada.

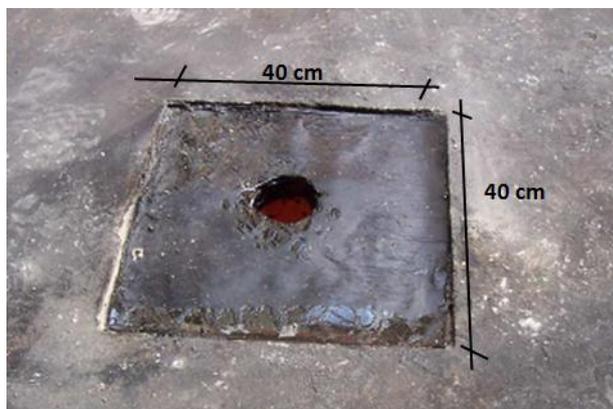


Figura 29: Detalhe do ralo já executado – Fonte: Cetimper

3.5.2 RODAPÉ

O rodapé, apesar de ser um elemento construtivo que, em muitos casos, não recebe a importância devida, tem um papel essencial no correto funcionamento do sistema. Podendo tanto ser um plano de fraqueza para infiltrações, como foco de futuras patologias como trincas, por exemplo.

Sendo definido, de acordo com a NBR 9575/2003, no item 6.4 que trata de detalhes construtivos diz-se: “deve ser previsto nos planos verticais, encaixe para embutir a impermeabilização, para o sistema que assim o exige a uma altura mínima de 20 cm acima do nível do piso acabado ou 10 cm do nível máximo que a água pode atingir.”

Assim, a partir desse rodapé, cria-se uma camada única para coleta dos fluidos entre os planos verticais e horizontais da área a ser impermeabilizada e, com a execução do embutimento no plano vertical, evita-se o escoamento da água através da estrutural vertical para debaixo da camada impermeabilizante do plano vertical.

Desta maneira, a partir da indicação feita em Norma, projetam-se os detalhes construtivos referentes ao rodapé, de acordo com cada tipo de sistema de impermeabilização utilizado.

A- ERROS TÍPICOS DE EXECUÇÃO

Na execução dos rodapés de manta asfáltica, o material flexível mais utilizado, há alguns erros típicos de execução, sendo o mais importante deles o não embutimento lateral da manta.

Isto provocaria a entrada do fluxo através do escoamento pela estrutura lateral, ou seja, na junta entre as estruturas verticais e horizontais. Assim, deve-se subir a manta por uma altura mínima de 30 cm.

Já o embutimento deve ser feito para garantir a total fixação do sistema e impedir a passagem de água entre a manta e a estrutura vertical.

Na figura 30, que há maneira correta de execução, com embutimento lateral.

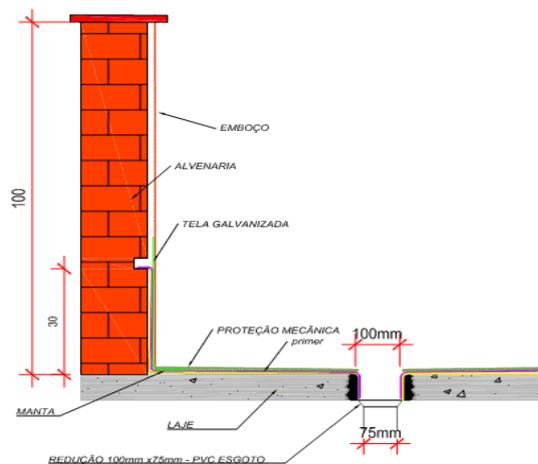


Figura 30: Rodapé de manta asfáltica – Fonte: O autor

O erro compromete todo o sistema projetado, pois a simples subida da manta pela estrutura lateral, seja ela de alvenaria ou de concreto armado, faz com que seja possível o fluxo de água entre os materiais. Há, muitas vezes, a ideia de que a manta bem aderida impede o fluxo entre a camada impermeabilizante e a estrutura, o que não é verdade. Esse erro conceitual e, conseqüentemente, de execução, faz com que, com o tempo, passe a ocorrer à passagem de água por baixo da camada impermeabilizante.

Outro erro típico deste detalhe construtivo é não executar o entelamento no encontro entre o rodapé e o restante da estrutura para igualar as diferenças de trabalhabilidade dos materiais. Quando não executado este entelamento, ocorrem trincas no revestimento devido a maior flexibilidade da camada impermeabilizante em comparação ao revestimento de parede aderido. A tela de aço dissipa as diferenças de tensões existentes entre a parte do revestimento aderido junto à manta e a parte aplicada diretamente na alvenaria.

Na figura 31 é possível ver o revestimento trincado na altura do fim do rodapé em cobertura com sistema de impermeabilização com manta asfáltica.



Figura 31: Trinca no emboço na altura do fim do rodapé – Fonte: O autor

3.5.3 CUMBAMENTOS

Os chumbamentos devem ser detalhados, prevendo-se os reforços adequados, conforme NBR 9575/2003. Esta fixação deve ser feita antes da execução da impermeabilização de forma a permitir o arremate da impermeabilização a uma altura não inferior a 20 cm ou a 10 cm acima do nível d'água.

3.5.4 SOLEIRA

De acordo com a NBR 9575/2003, “nos locais limites entre áreas externas impermeabilizadas e internas, deve haver diferença de cota de no mínimo 6 cm e ser prevista a execução de barreira física no limite da linha interna dos contramarcos,

caixilhos e batentes, para perfeita ancoragem da impermeabilização, com declividade para a área externa”.

A impermeabilização deve adentrar as áreas onde não haja incidência das águas, criando uma barreira que separe as duas áreas. Desta maneira, indica-se que a impermeabilização adentre no mínimo 50 cm na região coberta, elevando-se no mínimo 3 cm, de maneira a evitar danos na parte interior do imóvel.

Na figura 32, apresenta-se o detalhe de execução da impermeabilização nas varandas. Nela, pode ser observado que a área descoberta está num nível mais baixo que o do restante da construção. Observa-se, também, que o caimento da pavimentação tem sentido oposto a da porta de entrada da varanda.

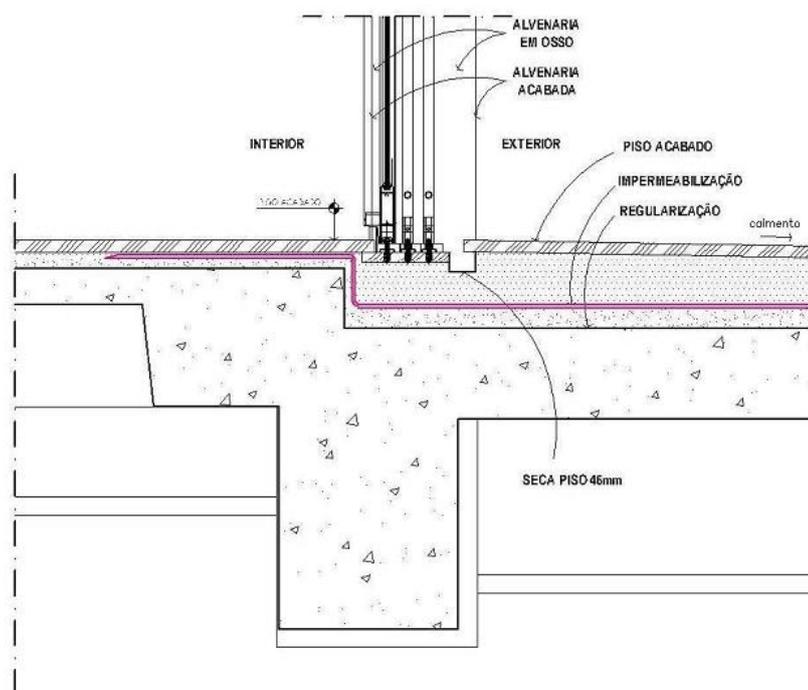


Figura 32: Detalhe de impermeabilização em varanda – Fonte: Cetimper

O sentido do caimento é importante pois não há o direcionamento da água para a área descoberta e, conseqüentemente, não impermeabilizada. Evita-se, desta maneira, a entrada de água no interior da construção.

A preocupação quanto à passagem de água das áreas externas para as áreas internas das construções deve existir em todas as áreas de divisa. Ou seja, tanto nas

alvenarias que dividem as áreas quanto nas soleiras das portas divisórias, como citado na norma.

A figura 33 apresenta o detalhamento da impermeabilização em soleiras de portas de varanda com a passagem da manta e a diferença de nível, conforme exigido em norma.

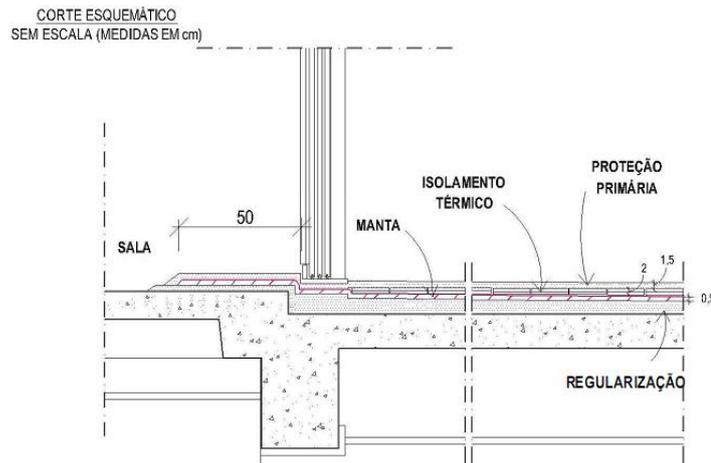


Figura 33: Detalhe de soleira em porta de varanda – Fonte: Cetimper

3.5.5 PINGADEIRA

As pingadeiras são recursos construtivos utilizados para impedir o escoamento de água nas estruturas verticais, de maneira a evitar a penetração do fluxo de água no arremate de impermeabilização. Na figura 34, é visto um detalhe de chapim posicionado em alvenaria, onde há passagens laterais de 2 cm e pingadeira em ambos os lados, de maneira a evitar o escoamento de água pelo próprio chapim.

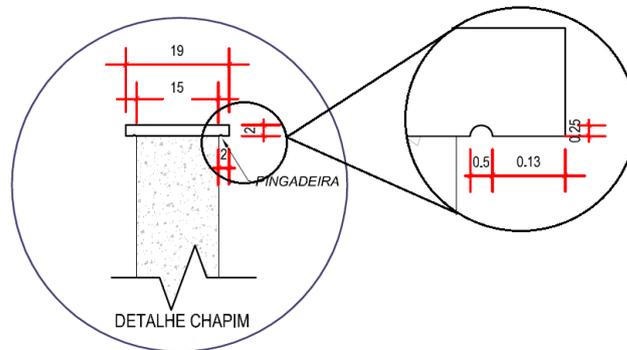


Figura 34: Detalhe de pingadeira – Fonte: O autor

Para que as pingadeiras executem seu papel com perfeição, devem ter as seguintes características:

- Inclinação: deve-se aplicar uma inclinação de 2 a 5%.

- Friso: Sem ele não há pingadeira, apenas um simples peitoril. Já que o friso inferior permite que a água, de fato, pingue. Se não houver o friso, que é um corte na parte inferior do peitoril, a água escorrerá pela parede, anulando o propósito da peça.

Abaixo é demonstrado o chapim com a inclinação indicada para execução, mas sem friso, o que causa o escoamento de água e futura patologias.

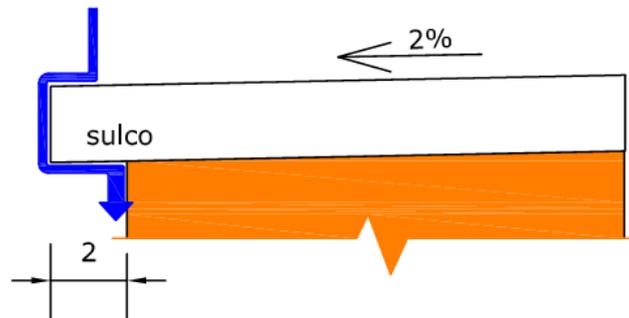


Figura 35: Fluxo em chapim sem pingadeira – Fonte: O autor

Já na próxima imagem, figura 36, vê-se um chapim executado de maneira correta, com friso, interrompendo o fluxo de água, de maneira que não haja escoamento pela estrutura.

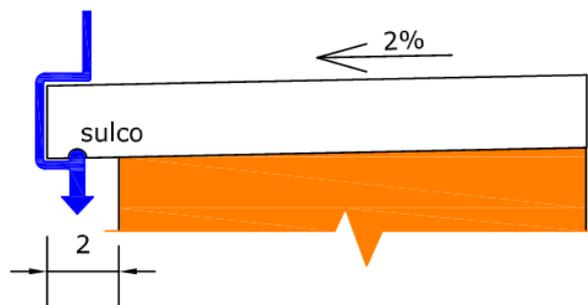


Figura 36: Fluxo em chapim com pingadeira – Fonte: O autor

- Avanço lateral do peitoril: O peitoril deve avançar além do vão da janela, para que o fluxo da água não danifique as laterais inferiores do vão. Desta maneira, indica-se que o peitoril avance, no mínimo, 25 mm em cada lado.

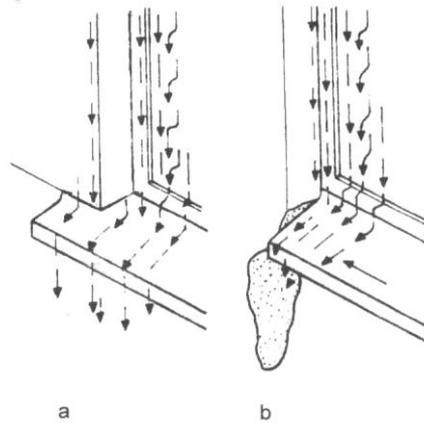


Figura 37: Fluxo água: a (peitoril com avanço), b (peitoril sem avanço lateral)

Fonte: USP, 1995

A- ESTUDO DE CASO

Como forma de explicitar a importância da pingadeira, será mostrado um estudo de caso acompanhado pelo autor. No caso, a falta de pingadeira ocasionou diversas manchas no muro em frente à edificação, conforme a figura 38, abaixo, em que é possível ver as manchas devido o escoamento da água.



Figura 38: Muro com manchas, devido falta de pingadeira – Fonte: O autor

Após análise do por que das manchas citadas, observou-se que o chapim de granito existente não possuía pingadeira, levando ao escoamento da água da chuva conforme explicação feita anterior. Na figura 39, fica clara a falta de pingadeira.



Figura 39: Chapim sem pingadeira em muro – Fonte: O autor

Assim, chegou-se a conclusão que deveria ser feita a troca do chapim por um que tivesse pingadeira, antes que fosse feita a nova pintura do muro. A possibilidade da retirada do chapim existente para que fosse feita a pingadeira e, posteriormente, remanejado, foi descartada pelo fato de a largura sobressalente não ser grande o suficiente. Na figura 40, vê-se a pingadeira já instalada, conforme a descrição feita anteriormente.

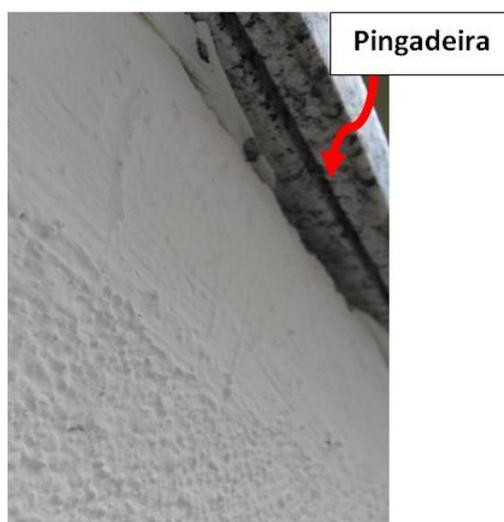


Figura 40: Chapim com pingadeira – Fonte: O autor

3.5.6 JUNTAS DE DILATAÇÃO

A junta de dilatação pode ser definida como sendo uma separação entre duas partes de uma estrutura, permitindo assim que ambos os elementos possam movimentar-se (retração e contração), sem que haja transmissão de esforço entre eles. As juntas se diferenciam entre si pela amplitude do movimento e o tratamento que recebem que varia de acordo com esse movimento.

A falha, ou ausência de vedação adequada dessa junta fará com que esse seja um ponto de maior possibilidade infiltrações. O que justifica, nas juntas de dilatação, conforme NBR 9575/2003, a previsão de tratamento específico compatível aos reforços atuantes e materiais utilizados na impermeabilização.

Na figura 41 abaixo, apresenta-se o detalhamento da impermeabilização nas juntas de dilatação.

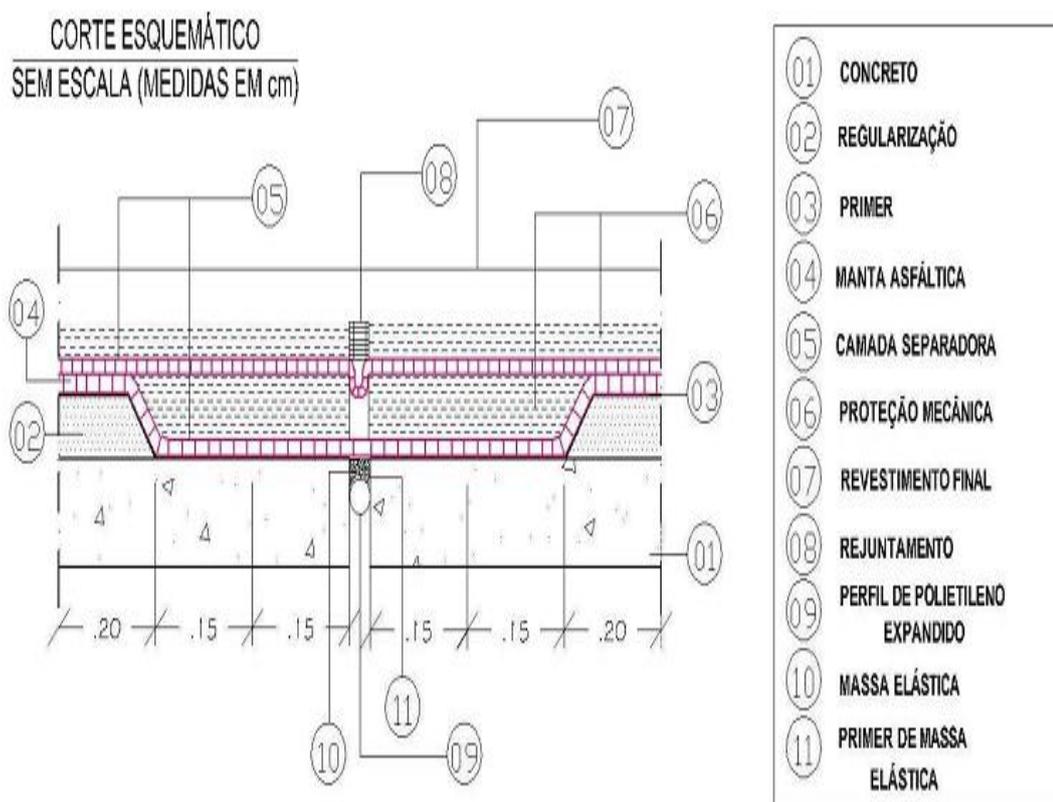


Figura 41: Detalhe de impermeabilização em junta de dilatação – Fonte: Cetimper

A seguir, nas figuras 42 e 43, é visto o processo de tratamento das juntas de dilatação, sendo aplicado o mástique na junta.



Figura 42: Junta de dilatação com o preenchimento de mástique já iniciado – Fonte: Cetimper



Figura 43: Junta de dilatação preenchida de mástique – Fonte: Cetimper

Já na figura 44 é vista a aplicação de uma faixa de manta apenas na junta de dilatação.



Figura 44: Faixa de manta sendo colada apenas na junta de dilatação – Fonte: Cetimper

Também há a prescrição de que as juntas de dilatação sejam divisores de água, com cotas mais elevadas no nivelamento do caimento, desta maneira evita-se a concentração de água nessa região.

O ideal seria que as juntas de dilatação definissem os pontos mais altos da camada regularizadora e, conseqüentemente, do pavimento final, para que não haja empoçamento na região. Definindo-se os caimentos com direções opostas em cada lado da junta de dilatação.

No entanto, para que isso fosse possível, as soluções de impermeabilização teriam que ser estudadas já durante os projetos de arquitetura e estrutura, o que usualmente não ocorre. O que só comprova que a maior inter-relação entre a execução dos diferentes projetos seria benéfica para o desempenho das construções.

4. CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES

Para melhor estudo e compreensão dos Sistemas de Impermeabilização, serão descritos e conceituados os diversos tipos de impermeabilização, para uma possível indicação do seu correto emprego e método de execução. Na figura 45, por exemplo, indicam-se diversos tipos de impermeabilização que podem ser empregados numa mesma edificação.

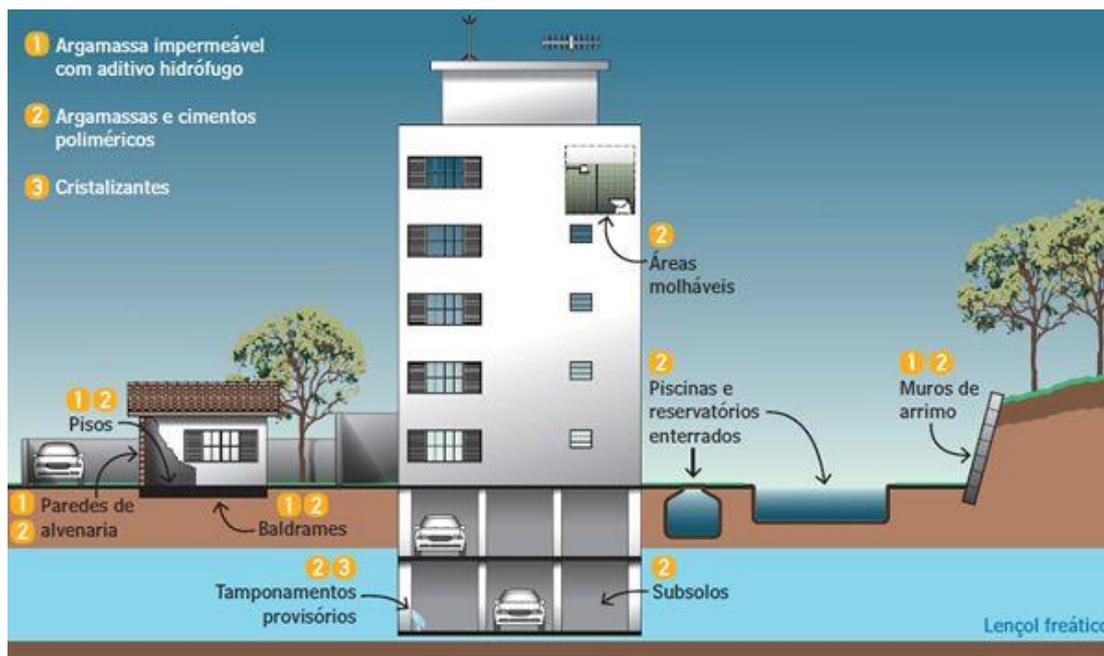


Figura 45: Tipos possíveis de impermeabilização – Fonte: Sérgio Cardoso Pousa, diretor da Proiso Projetos e Consultoria, e Maria Amélia Silveira, assessora técnica do Instituto Brasileiro de Impermeabilização

Os impermeabilizantes são classificados quanto a sua flexibilidade, ou seja, sua capacidade de resistir às retrações e descontrações da estrutura e, a partir dessa capacidade. Assim os tipos de impermeabilização são especificados de acordo com a estrutura a ser impermeabilizada.

Usualmente, as fabricantes, como *Denver* e *Viapol*, por exemplo, fazem tal classificação em três grupos: rígidos, semi-rígidos e flexíveis. No entanto, neste trabalho, adotaremos a classificação adotada pela NBR 9575/2003, a qual dividi os sistemas impermeabilizantes em rígidos e flexíveis.

4.1 IMPERMEABILIZAÇÃO RÍGIDA

De acordo com a NBR 9575/2003, é chamada impermeabilização rígida como o conjunto de materiais ou produtos aplicáveis nas partes construtivas não sujeita à fissuração. Isso ocorre devido sua baixa capacidade de absorver deformações da base da estrutura a ser impermeabilizada, principalmente deformações concentradas como fissuras e trincas.

Desta maneira, são utilizadas em estruturas que tem deformações limitadas, sendo assim protegidas da variação térmica e incidência solar, como cisternas, por exemplo.

4.1.1 ARGAMASSA IMPERMEAVEL COM ADITIVO HIDRÓFUGO

Aditivos hidrófugos são aditivos impermeabilizantes de pega normal, reagindo com o cimento durante o processo de hidratação. São compostos de sais metálicos e silicatos (DENVER, 2008).

Os aditivos hidrófugos proporcionam a redução da permeabilidade e absorção capilar, através do preenchimento de vazios nos capilares na pasta de cimento hidratado, tornando os concretos e argamassas impermeáveis à penetração de água e umidade. (SIKA, 2008)

Pode ser adicionado ao concreto ou utilizado para preparar argamassa impermeável de revestimento diretamente, evitando eflorescências. Como é adicionado à argamassa, seu efeito é permanente, pois possibilita uma espessura de camada impermeável maior. Vale lembrar, argamassa impermeável não promove maior resistência à estrutura. (VEDACIT, 2010)

Sendo o revestimento ou, no caso do concreto aditivado, a estrutura, o próprio agente impermeabilizante, devemos utilizar este método em elementos que não estejam sujeitos a movimentações estruturais nem a grandes variações térmicas, que ocasionariam trincas e fissuras.

O aditivo deve ser adicionado à água de amassamento a ser utilizada. Sendo as recomendações gerais dos preparos, de acordo com a VEDACIT, um dos principais fabricantes do produto, as seguintes:

- As estruturas a serem impermeabilizadas com argamassa rígida de aditivo hidrófugo devem estar suficientemente dimensionadas e sem trincas. De maneira que o revestimento não rompa após a aplicação

- As superfícies a serem revestidas com a argamassa devem estar ásperas e isentas de partículas soltas e os cantos devem ser arredondados, formando meia-cana. Com isso, aumenta-se a capacidade de aderência da superfície e a aplicação é facilitada através das meias-canas

A aplicação da argamassa aditivada deve ser feita em duas ou três camadas de aproximadamente 1 cm de espessura, desempenando a última camada, não alisando com desempenadeira de aço ou colher de pedreiro (*SIKA*, 2008).

Atentando-se para a não inclusão do aditivo no chapisco, já que há a possibilidade de perda de aderência. Desta maneira, antes da aplicação da argamassa com aditivo hidrófugo, o chapisco deve ser executado de maneira convencional.

Já o modo de aplicação da argamassa aditiva deve ser feita como de costume, utilizando, assim, desempenadeira de madeira ou colher de pedreiro.



Figura 46: Aplicação de argamassa com colher de pedreiro e desempenadeira de madeira –
Fonte: Revista Técnica – Edição 115 - Novembro/2006

A - ESTUDO DE CASO

Como estudo, serão utilizados dois casos em que foi utilizada a solução com argamassa impermeável com aditivo hidrófugo, em que ambas apresentavam problemas com umidade ascendente.

No primeiro deles, em uma área do térreo, de uma edificação no Jardim Botânico, Rio de Janeiro apresentavam-se partes estufadas do revestimento e com a tinta soltando, conforme a foto 47. Pelas características da patologia, que se mantinha próxima ao piso, e as características do local, que não sofre pressão negativa ou positiva, caracterizou-se a patologia como decorrente de umidade ascendente.

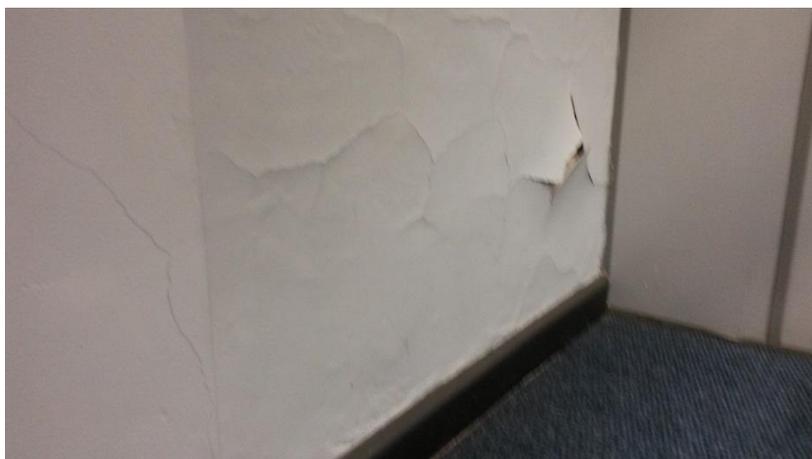


Figura 47: Parede com patologia decorrente de umidade ascendente – Fonte: O autor

O outro caso ocorreu na Urca, Rio de Janeiro. Em um cômodo da edificação no térreo havia a mesma patologia apresentada no caso anterior, com o revestimento soltando além de mofo ao longo de todo o rodapé.

O diferencial deste caso é o fato de a parede em questão é que ela é uma parede de divisa para a fachada, o que aumenta ainda mais o contato com a umidade.

Desta maneira, o tratamento foi feito tanto na parte interna quanto na externa da edificação, do mesmo modo: primeiro retirou-se todo o revestimento existente da parede até uma altura de 50 cm acima da umidade existente, para, então, ser aplicada a argamassa aditivada.

Mas, deve-se resaltar, que nos casos de umidade ascendente, para que se tenha certeza que não haverá problemas futuros o mais indicado é que se faça o tratamento até o teto. Pois é comum que, com o passar do tempo, a umidade avance a altura estipulada inicialmente da aplicação.

4.1.2 CRISTALIZANTES

O sistema de impermeabilização por cristalização consiste de argamassas cimentícias com compostos químicos ativos que promovem a cristalização no concreto e conseqüentemente a impermeabilização da estrutura, de acordo com definição da Revista *Téchene*.

Cimentos cristalizantes são impermeabilizantes rígidos, à base de cimentos especiais e aditivos minerais, que possuem a propriedade de penetração osmótica nos capilares da estrutura, formando um gel que se cristaliza, incorporando ao concreto compostos de cálcio estáveis e insolúveis (DENVER, 2008). Esses cristais insolúveis que avançam pelos poros e fissuras, selando-os permanentemente contra a passagem de água e agentes agressivos.

Desta maneira, este impermeabilizante pode ser utilizado em estruturas monolíticas, ou seja, aquelas sem movimentação como estações de tratamento de água (ETA), reservatórios e pisos frios ou em contato direto com o solo. Além de também podem ser utilizado como sistema auxiliar, aumentando a impermeabilização e, com isso, a durabilidade do concreto.

Quando não utilizado diretamente na água de amassamento de concreto, existem dois tipos de cristalizantes. No primeiro tipo, os cimentos cristalizantes, são aplicados na forma de pintura nos seguintes materiais previamente saturados: concreto, blocos de concreto e tijolos cerâmicos revestidos de argamassa.

O segundo tipo são os cristalizantes líquidos à base de silicatos e resinas que injetados e, por efeito de cristalização, preenchem a porosidade das alvenarias de tijolos maciços, bloqueando a umidade ascendente (VIAPOL, 2008).

Segundo a *MC Bauchemie*, produtora do *Xypex*, os cristalizantes utilizados em estruturas de concreto tiram vantagem das características naturais e inerentes da

estrutura de concreto, seu sistema de capilaridades e características químicas. Assim, por meio de difusão, os produtos químicos reativos usam a água como meio migrante para entrar e “caminhar” através das capilaridades do concreto. Este processo catalisa reações entre a umidade e os produtos químicos naturais subprodutos da hidratação do cimento, hidróxido de cálcio, sais minerais, óxidos minerais e partículas de cimento não hidratadas e sub-hidratadas. Que resulta numa formação cristalina não solúvel que sela definitivamente os poros e capilaridades do concreto. Desta maneira, os poros se tornam descontínuos e impenetráveis pela água e outros líquidos de qualquer direção. Sendo que, por ser catalítico, o processo pode se reativar sempre que houver a presença de água, reativando-se, assim, continuamente quando sofrendo pressão de água.

A figura 48 apresenta o processo de cristalização da estrutura de concreto.



Figura 48: Processo de cristalização do concreto – Fonte: Xypex

concrete untreated = concreto antes do tratamento; crystallization begins = início da cristalização; crystallization matures = cristalização terminada

A- MÉTODO EXECUTIVO

- Pintura

No caso dos cristalizantes aplicados na forma de pintura, a aplicação pode ser feita com uma trincha direto na estrutura. Sendo que há, também, a possibilidade da utilização de jatos de spray, desde que de acordo com as especificações técnicas do fabricante.

- Preparo da Superfície:

A superfície de concreto a ser tratada, deve estar limpa, livre da camada superficial de pasta, sujeiras, filmes, tintas, revestimentos e outros agentes contaminantes. E, para que haja sucção do produto pela estrutura, a superfície deve possuir um sistema capilar aberto com porosidade. Desta maneira, superfícies muito lisas, deverão ser lixadas ou jateadas com água ou areia. Após a abertura da porosidade da superfície, é preciso que se garanta a saturação da estrutura para garantir a completa penetração dos agentes químicos ativos. Assim, antes da aplicação, deve-se garantir que a estrutura fique totalmente molhada com água limpa até que fique saturada. Atentando que todo o excesso deve ser retirado.

- Aplicação:

Como dito anteriormente, a aplicação pode ser feita com trincha, spray ou escovão, ao se tratar de grandes estruturas. A pintura deve ser feita de forma cruzada, para que se garanta homogeneidade da estrutura, atentando para que a espessura da camada não ultrapasse o indicado pelo fabricante e não interfira no processo de cura.

Deve-se respeitar o consumo indicado por fabricante, assim, quando houver a necessidade de mais de uma demão, a aplicação deve ser feita antes do término do processo de cura, pois, enquanto este processo não se encerra, ainda há poros abertos que permitem a sucção da segunda camada.

- Cura:

Após aplicação e secagem inicial, deve-se realizar a cura do material através de uma fina camada de água. O processo de cura e a quantidade de água utilizada devem seguir as recomendações do fabricante, dependendo, inclusive, do clima local.

Durante o processo, para que ocorram as reações químicas necessárias, o impermeabilizante cimentício necessita do contato com o ar, portanto o tratamento deve estar com sua superfície livre, sem contato direto com coberturas ou lonas plásticas.

B- ESTUDO DE CASO

De maneira a exemplificar o método, será apresentada a aplicação do impermeabilizante em uma laje de concreto, de modo a evitar a infiltração e a umidade através de pressões negativas.

O método foi escolhido devido às características do caso, umidade devido a pressões negativas em uma laje enterrada, ou seja, de baixa movimentação, o que permite a utilização de sistemas rígidos. Além disso, necessitava-se, apenas, fazer um fechamento capilar da estrutura de concreto. Assim, para melhor visualização do processo de execução, a aplicação feita no local será apresentada na forma de um passo a passo.

- 1º PASSO: Limpeza da superfície e saturação do concreto

Para que se obtivesse maior aderência do produto impermeabilizante na superfície, foram soltas partes desagregadas do concreto com cavadeira e, depois, feitas limpeza com bomba de água de alta pressão para retirada de pequenos fragmentos. Assim, foi feita simultaneamente saturação do concreto.

Na figura 49 é vista a limpeza da superfície de concreto utilizando bomba de água com jato de alta pressão.



Figura 49: Aplicação de jato de água para limpeza da superfície – Fonte: O autor

- 2° PASSO: Retirada do excesso de água

Para perfeita aplicação do produto, deve ser retirado todo o excesso de água para a penetração química do produto pela superfície. Tal retirada foi feita manualmente até o poço de águas servidas, serviço facilitado pelo caimento da laje.

- 3° PASSO: Mistura

Misturou-se mecanicamente, para melhor homogeneidade, o pó impermeabilizante com a água seguindo a proporção indicada pelo fabricante de 5:3 (pó:água) para aplicação com trincha, conforme a figura 50.



Figura 50: Mistura mecânica do produto – Fonte: O autor

- 4° PASSO: Aplicação

Utilizando-se de uma trincha, a aplicação foi feita através de pintura cruzada da superfície a ser tratada, como a figura 51.

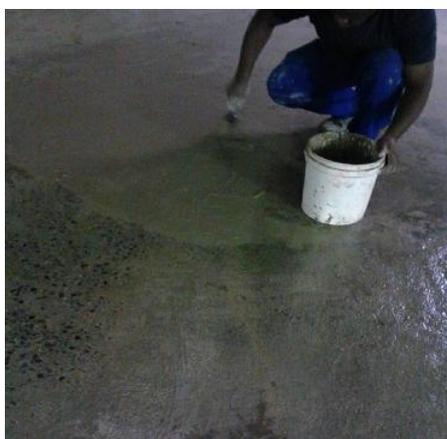


Figura 51: Aplicação com trincha – Fonte: O autor

- 5º PASSO: Cura

Após a secagem inicial, a cura foi feita, como pedido por fabricante, através de fino spray de água. Em condições normais esta aplicação deve ocorrer por 3 vezes durante 2 dias, podendo aumentar para até mais 3 vezes por dia, em dias de muito calor, situação semelhante apresentada no local devido a pouca circulação de ar apresentada.

- APLICAÇÃO NOS ENCONTROS DA ESTRUTURA

Já o tratamento dos cantos deve ser feito de maneira separadamente do restante da área a ser impermeabilizada, diferenciando-se através do traço utilizado, já que é usada uma menor proporção de água na mistura. Na figura 52, vê-se a aplicação nos cantos já boleados.



Figura 52: Aplicação nos cantos – Fonte: O autor

O mais importante nesta área de aplicação é o preparo da superfície, onde devem ser evitados os cantos vivos. Criando, se possível, uma meia cana ao logo do perímetro.

Desta maneira, deve-se fazer o preparo de superfície adequado, seguindo as recomendações que serão transmitidas a seguir.

Na figura 53, demonstra-se como costumam ficar os cantos logo após a concretagem, com falhas e imperfeições que devem ser corrigidas. Em primeiro lugar, devem ser retiradas partes desagregadas do concreto.

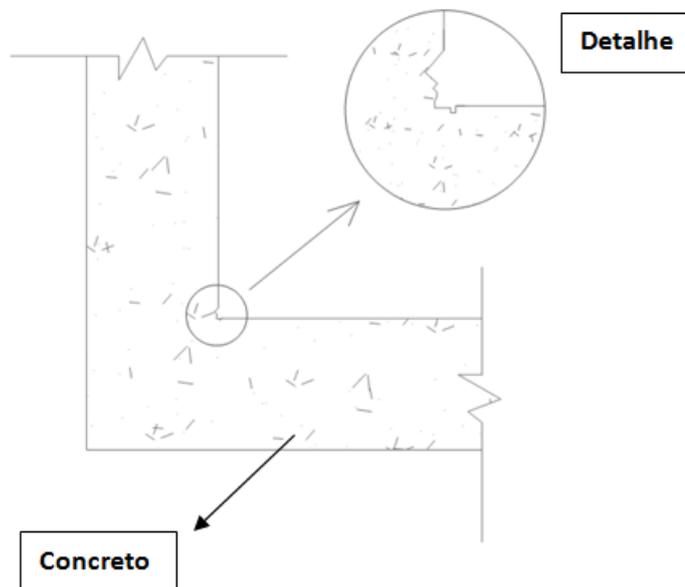


Figura 53: Falhas de concretagem nos encontros – Fonte: O autor

Após a retirada das partes soltas, as falhas de concretagem devem ser preenchidas para que seja feita posteriormente a impermeabilização, atentando para que não seja feita de maneira a deixar cantos vivos, como na figura 54. Pois assim seriam criados dois pontos de fraqueza da impermeabilização nas juntas.

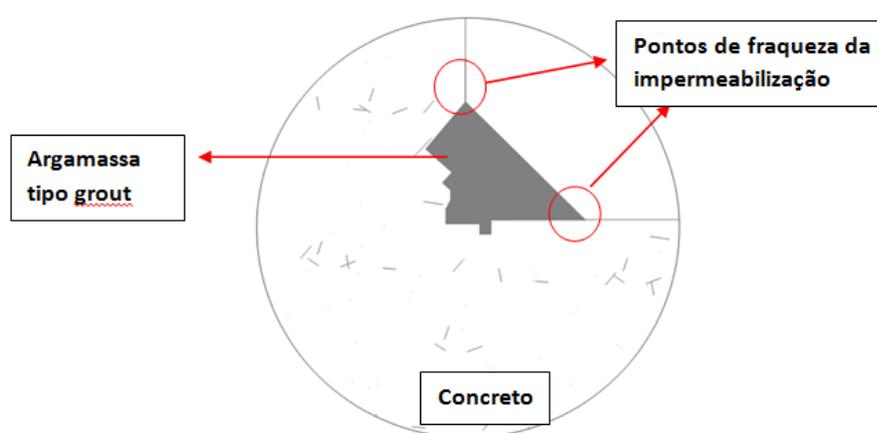


Figura 54: Estrutura com cantos vivos – Fonte: O autor

Já na figura 52 a seguir, apresenta-se o método correto de execução com o canto boleado.

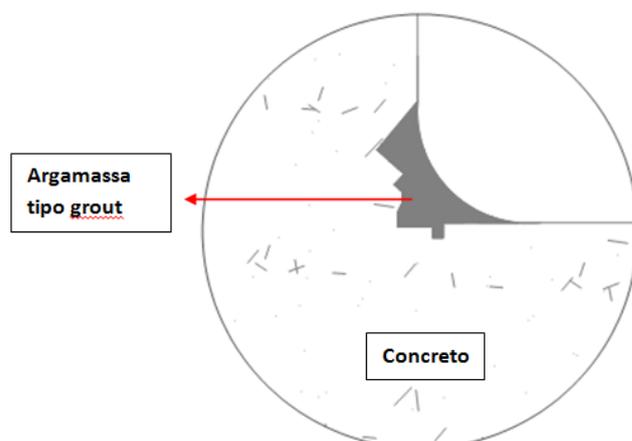


Figura 55: Detalhamento de meia cana executada em estrutura de concreto – Fonte: O autor

O processo se mostrou simples e eficaz, formando uma película única sobre o piso, fechando possíveis poros da estrutura. O acabamento também é agradável esteticamente, não necessitando de pinturas, por exemplo.

O porém desta solução é a falta de proteção da camada impermeabilizante, impossibilitando a fixação através de chumbadores na estrutura, obrigando que se tenham maiores cuidados durante a utilização devido a exposição do sistema. No entanto, isto é vantajoso no que diz respeito a reparos, já que, com o sistema visível, é mais fácil a visualização da falhas do sistema.

4.1.3 IMPERMEABILIZANTE DE PEGA ULTRA-RÁPIDA

É um produto cimentício impermeabilizante de pega-ultra rápida, ou seja, cujo início de pega se dá em apenas poucos segundos, geralmente de 10 a 15, e o fim entre 20 e 30 segundos. Há também alta aderência e grande poder de tamponamento.

De acordo com a SIKA, um dos maiores produtores, define-se o produto como: uma solução aquosa de silicato modificado de alta alcalinidade, que, quando misturado com a água e o cimento, se transforma em hidrossilicato. Tem como principais

características ser um cristal insolúvel em água, que preenche os poros da argamassa (SIKA, 2008).

Já de acordo com a *Viapol*, fabricante do Pó 2, impermeabilizante de pega ultra-rápida mais utilizado, indica-se seu uso para o tamponamento de jorros d'água e de infiltrações em geral que ocorrem em função da ação da pressão da água do lençol freático. Utilizando-o, assim, em poços de elevadores, túneis, galeria, subsolos e outras estruturas sob influência do lençol freático. Outra utilização possível do produto seria como aditivo ao cimento Portland, agindo como um acelerador de pega.

Na figura 56, apresentam-se as etapas de um tamponamento de jato de água.



Figura 56, a,b,c,d: Aplicação impermeabilizante de pega ultra-rápida – Fonte: Ventutini, 2008

A- MÉTODO EXECUTIVO

Para utilização do produto, o primeiro a passo a ser dado é o da identificação do exato ponto de vazamento. A partir dele deve-se chegar ao ponto vazio da estrutura e se preparar uma zona de aderência ao produto.

Assim, o preparo da estrutura consiste na abertura dos pontos de infiltração, alargando-os e aprofundando-os, até que se chegue ao ponto de vazamento sem a presença de materiais desagregados.

Após o preparo da superfície, o produto deve ser misturado a água limpa, respeitando as proporções indicadas pelo fabricante, de maneira atenta, para que o processo de pega não comece antes mesmo da aplicação.

A aplicação do material deve ser feita de forma manual, introduzindo a argamassa de cimento de pega ultra-rápida no ponto de vazamento, pressionando a argamassa até o fim do processo de endurecimento.

Quando o jorro possuir alta pressão, impossibilitando seu tamponamento, aconselha-se o uso de mangueiras, ou dispositivos semelhantes, que permitem a diminuição da pressão d'água, como mostrado na figura 57. De modo com que o tamponamento seja feito aos poucos.



Figura 57: Dreno para tamponamento de vazamento – Fonte: O autor

Em um primeiro momento, deve-se escarear a estrutura, de modo a serem retiradas partes desagregadas da estrutura. Na figura 58, apresenta-se uma estrutura com vazamento a ser escareada.

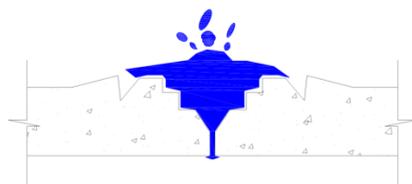


Figura 58: Estrutura com jorro d'água – Fonte: O autor

Coloca-se, então, uma pequena mangueira, ou tubo, no cento do ponto de vazamento para que a saída de água seja canalizada, facilitando a aplicação do produto. Com isso, inicia-se o tamponamento ao redor da mangueira colocada, como visto na figura 59.

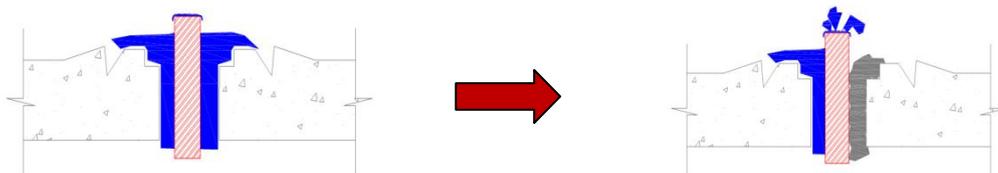


Figura 59: Colocação de tubo no local do vazamento e tamponamento radial – Fonte: O autor

Conforme é feito o tamponamento, de dentro para fora na área a ser aplicado o cimento de pega ultra-rápida, o fluxo aumenta proporcionalmente, e o tamponamento deve continuar a ser feito até que só haja jorro através da mangueira.

Ou seja, a aplicação deve ser feita de fora para dentro em sentido radial, com a parte central da área de vazamento sendo tamponada por último. Como o início de pega do produto é muito rápido, ele deve ser misturada a água apenas no momento de aplicação e de maneira manual. O importante no momento da mistura é não manusear após a mistura, pois isso faz com que a quebra das moléculas seja agilizada, fazendo com o tempo de pega diminua e parte do material possivelmente se perca.

A figura 60 representa o momento descrito de aplicação para tamponamento de jorro d'água de alta pressão.

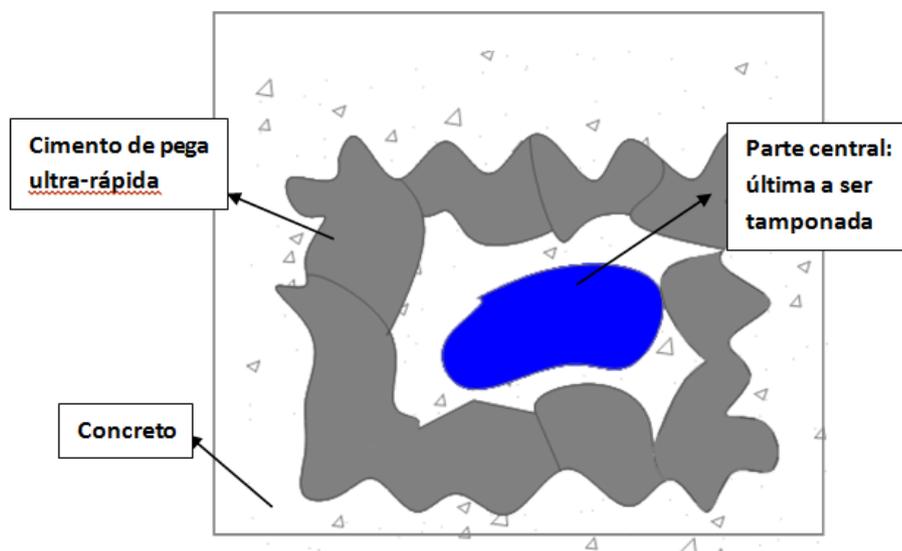


Figura 60: Vista superior de tamponamento de jato d'água – Fonte: O autor

4.1.4 ARGAMASSA POLIMÉRICA

É um material biocomponente, ou seja, composto por dois materiais distintos que devem ser misturados antes da utilização, no caso um componente em pó e outro na forma de resina.

De acordo com a *Viapol*, defini-se a argamassa polimérica como uma argamassa de cimento modificada com polímeros, biocomponente, à base de cimento, agregados minerais inertes, polímeros acrílicos e aditivos.

Pela presença dos polímeros acrílicos o composto torna o sistema mais flexível, fazendo com que seja capaz de suportar pequenas movimentações da estrutura. Por isso, fabricantes classificam o produto como semi-flexível. No entanto, apesar de um sistema mais flexível, ainda se trata de uma argamassa, rígida como cimento.

Outras características do sistema é a capacidade de resistir tanto a pressões hidrostáticas positivas, quanto negativas, a incapacidade de alterar a potabilidade da água e ser uma barreira contra sulfatos e cloreto. Sendo que, essas duas características

se tornam preponderantes para que o sistema seja recorrentemente especificado para reservatórios enterrados.

As argamassas poliméricas são fornecidas em dois componentes e com as indicações de proporções pelo fabricante. Sendo os mais utilizados o *Viaplus 1000* e o *Denvertec 100*.

A- MÉTODO EXECUTIVO

- Preparo da superfície:

O preparo da superfície é a etapa mais demorada e trabalhosa do sistema. De acordo com indicações da *Denver*, as condições gerais para o início da impermeabilização são as seguintes:

- Concreto desformado e curado por no mínimo 28 dias, tendo cobrimento de armadura mínimo de 3,0 cm

- Restos de madeira, pontas de ferro, concreto desagregado ou quaisquer outros elementos não pertencentes à estrutura devem ser removidos.

- Furações, ralos, tubos passantes de instalações executadas e liberadas.

- Esperas para postes, gradis, e demais elementos fixados na estrutura, concluídos e liberados.

- Chumbadores para escadas marinheiro, guias, pára- raios, etc, rigidamente fixados.

- Área desimpedida, limpa e interditada para o início dos trabalhos.

Metodologia Executiva

- Detectar todas as falhas de concretagem, ninhos, etc. retirando-se o agregado solto, até a obtenção de concreto firme e homogêneo. Durante a retirada do concreto, deve-se tentar obter uma cavidade côncava, com borda superior inclinada, de forma a facilitar a aderência do reparo.

-Pontas de ferro de amarração de fôrmas devem ser cortadas a uma profundidade mínima de 3 cm para o interior do concreto

-Existindo o sistema de travamento de fôrmas, através de parafusos ou travas recuperadas, retirar o tubo de PVC e escarear a superfície lisa deixada pelo tubo, utilizando-se furadeira elétrica, com broca de diâmetro igual ao do orifício.

-A recomposição das falhas de concretagem e o preenchimento dos furos e reparos necessários não devem ser executados com argamassa comum. Para espessuras até 7 cm devem ser executadas preferencialmente com argamassa modificada com polímeros acrílicos industrializada

Após a verificação de cada um desses pontos, deve ser executada a limpeza do substrato e o umedecimento da superfície com água limpa.

- Preparo do produto:

O preparo da argamassa deve se dar de acordo com as especificações do fabricante, geralmente o produto deve ser preparado no momento de aplicação.

De acordo com a *Denver*, sua argamassa polimérica Denvertec 100 deve ser preparada, para ser aplicada na forma de pintura, adicionando o componente B (pó) aos poucos ao componente A (resina) e misturar mecanicamente por 3 minutos ou manualmente por 5 minutos, tomando-se cuidado para dissolver possíveis grumos.

Já para a aplicação do produto como revestimento, deve-se utilizar a metade do componente A (resina) e adicionar a quantidade total do componente B (pó). E, para a obtenção da consistência desejada, deve-se adicionar aos poucos o componente A (resina).

- Aplicação do produto:

A aplicação deve ser feita com auxílio de trincha, desempenadeira metálica ou vassoura de pelo, no caso de grandes áreas, de acordo com a consistência especificada em projeto, pintura ou revestimento.

Nas figuras 61 e 62 são representadas as aplicações à trincha e com desempenadeira metálica, de argamassa polimérica, respectivamente.



Figura 61: Aplicação de argamassa polimérica à trincha – Fonte: Revista Técnica – Edição 115 - Novembro/2006



Figura 62: Aplicação de argamassa polimérica com desempenadeira metálica – Fonte: Revista Técnica – Edição 115 - Novembro/2006

Os fabricantes indicam uma aplicação mínima de 1 kg/m^2 por camada, com a aplicação subsequente de 2 a 4 camadas da argamassa, após secagem de cada camada. No entanto, durante a execução, deve-se tomar como parâmetro o consumo total indicado, independente do número de aplicações. Pois o consumo varia conforme o número de demãos, já que no início da aplicação o consumo costuma ser maior, caindo a medida que o produto é aplicado.

Já, as regiões críticas, como ralos e juntas de concretagem, devem ter o revestimento reforçado com a incorporação de uma tela industrial de poliéster.

B - RESERVATÓRIOS DE ÁGUA

Como os reservatórios, tanto inferiores quanto superiores, são as estruturas mais caracterizadas quanto ao uso da argamassa polimérica no processo de

impermeabilização, cabe uma discussão mais aprofundada da impermeabilização dessas estruturas neste tópico.

Pode-se dizer que, as cisternas e caixas d'água, são responsáveis de substancial movimentação do mercado de impermeabilização na cidade do Rio de Janeiro, sendo executadas, na maioria das vezes, por empresas de manutenção predial.

Ambos os reservatórios podem ser considerados de pouca movimentação, mesmo os superiores. Desta maneira a solução mais utilizada é o uso de soluções de sistemas de impermeabilização rígidos, destacando-se o uso da argamassa polimérica. Com o cuidado de, nas caixas d'água, haver a previsão da dilatação e retração ocasionadas pela variação térmica devido à exposição ao sol, prevendo, assim, a aplicação de estruturantes, como na figura 63.



Figura 63: Aplicação de estruturante em reservatório – Fonte: Cetimper

Deve-se dizer que, apesar das dilatações e retrações dos reservatórios superiores, o uso de manta asfáltica não é recomendado. Pois, mesmo não sendo este um erro conceitual, a utilização da manta pode diminuir a vida útil da impermeabilização. E isso ocorre porque, nas paredes e teto do reservatório, a ação da gravidade age contra a aderência da manta na superfície do reservatório.

Desta maneira, com o tempo, com a manta se desprende da parede e o reservatório começa a vazar. Além disso, há o perigo da execução com maçarico ou asfalto quente dentro de um espaço confinado, o que não atende as normas de segurança do trabalho.

Como dito anteriormente, na descrição do método executivo da argamassa polimérica, o preparo da superfície para a aplicação da impermeabilização é o processo mais demorado da execução do sistema e, muitas vezes, não recebe a atenção devida.

Assim, antes que seja iniciado o processo de impermeabilização deve-se fazer os preparos de superfícies relativos aos seguintes pontos:

- Tratamento de trincas e fissuras
- Execução de meia-cana no encontro de piso e parede
- Tratamento ninhos e falhas de concretagem
- Corrigir o recobrimento das armaduras
- Chumbamento com argamassa tipo Grout de peças como ralos e tubos

Na figura 64, pode ser visto um exemplo em que a armadura do reservatório está exposta, após degradação da estrutura, devido atuação da água em reservatório com sistema de impermeabilização deficitário. Exemplo de local onde necessita-se fazer o tratamento da armadura danificada e refazer o recobrimento da estrutura em concreto do reservatório.

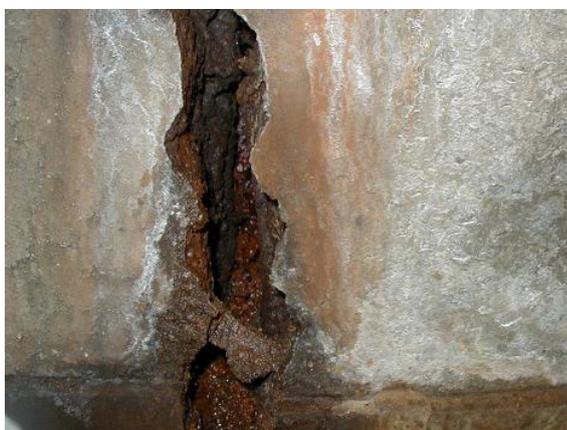


Figura 64: Armadura aparente em reservatório – Fonte: Cetimper

Após o preparo de toda a superfície, conforme as figuras 65 e 66 abaixo, a aplicação deve feita conforme o explicado anteriormente.



Figura 65: Área de reservatório com recobrimento refeito – Fonte: Cetimper



Figura 66: Juntas de concretagem tratadas com argamassa tipo Grout – Fonte: Cetimper

C - ERROS TÍPICOS

Um erro muito comum na execução do sistema de impermeabilização dos reservatórios ocorre em seus fechamentos superiores, pela ideia errada de que o teto dos reservatórios não sofre com a umidade, o que é errado já que há ação do vapor d'água.

Desta maneira, muitas vezes, se negligenciam esta área dos reservatórios, ou é utilizada de maneira errada a argamassa polimérica, pelo desconhecimento que há deste tipo de material não suportar a água em sua forma de vapor. Isto faz com que o cloro presente na água deteriore, aos poucos, o concreto.

Na próxima figura 67 é vista uma tampa de cisterna com sinais visíveis de corrosão. Para que sejam solucionados os efeitos do vapor d'água com cloro, deve ser feita pintura epóxi na parte superior do reservatório.



Figura 67: Tampa de cisterna corroída – Fonte: O autor

4.1.5 ESTUDO DE CASO: GARAGEM EM SUBSOLO

- Contextualização

Este caso foi acompanhado pelo Autor, e se trata de impermeabilização de uma garagem em subsolo em um edifício comercial no Catete, Rio de Janeiro. Tal garagem estava com seu uso impossibilitado devido a infiltrações provenientes a pressões negativas, ou seja, de fora para dentro do subsolo.

- Justificativa do projeto

A partir do impedimento do uso total da garagem se torna justificável a sua não utilização durante o período de obras para que fosse possível o seu uso de maneira total após a execução do projeto.

Já o investimento desprendido é justifica pelo custo de uma vaga de garagem na cidade do Rio de Janeiro, visto que, o custo das vagas de garagem nas grandes cidades brasileiras vem crescendo a cada ano. De acordo com levantamento da Revista Exame, por exemplo, as vagas na região do Centro do Rio de Janeiro chegam a ser comercializadas a até R\$100 mil. E, em reportagem do jornal O Globo, é afirmado após pesquisas com imobiliárias que ma vaga de garagem em condomínio da Zona Sul está regulando com o salário mínimo e pode até ultrapassar este valor, em bairros como Leblon, Ipanema e Copacabana.

- Escolha do sistema

Por ser uma estrutura enterrada e, assim, de pouca movimentação, foi definido que o sistema a ser escolhido seria o rígido, sendo os materiais escolhidos resistentes a pressões negativas, devido às características do tipo de vazamento.

Decidiu-se, então, pela solução:

- Cristalizantes, através do T.E.H - Tratamento Especial Hey'di

Foi escolhido, assim, um produto bicomponente da *Viapol* de impermeabilizante cristalizante, cujas características e método executivos já foram descritos no trabalho. Cujos materiais são apresentados na figura 68.



Figura 68: Produto cristalizante – Fonte: Viapol

A- MÉTODO DE APLICAÇÃO

O produto deveria ser aplicado diretamente na estrutura de concreto, sendo a aplicação em toda a parede e, também, feita em uma faixa de 30 cm no perímetro do teto, para evitar a passagem de água por esse trecho devido à capilaridade. Além da aplicação no piso.

Como as duas aplicações devem ser feitas diretamente na estrutura do concreto, para ambas, seria necessária a retirada do revestimento e da pavimentação. Com isso, começaram, então, percussões, tanto na parede quanto no piso, para que, posteriormente, fossem iniciados os processos de demolição.

Nesta etapa descobriu-se, então, um fator preponderante para as definições subsequentes de projeto: não havia laje de subpressão como era esperado. No local que se viu foram diversas camadas sobrepostas de contrapiso, provavelmente executadas em diferentes períodos visando eliminar os vazamentos. Isto fez com que o método de impermeabilização a ser executado fosse revisto, o uso do cristalizante foi substituído pela execução de uma laje subpressão com o uso de aditivos impermeabilizantes.

Desta maneira, iniciou-se a demolição do revestimento existente e fez-se a impermeabilização com argamassa polimérica conforme o previsto para que depois fosse iniciada a demolição do contrapiso. Escolheu-se impermeabilizar primeiro as

paredes, pois, previu-se que a demolição do contrapiso existente aumentaria os vazamentos, dificultando os trabalhos. Previsão que se mostrou correta no decorrer da obra.

Na figura 69, pode-se ver a aplicação já realizada nas paredes e teto do subsolo.



Figura 69: Parede e teto de subsolo impermeabilizadas – Fonte: O autor

Com o término da aplicação do impermeabilizante nas paredes, iniciou-se o processo de demolição do contrapiso existente. E, conforme previsão feita anteriormente, o vazamento aumentou, fazendo com que fosse necessário executar drenos que direcionassem a água captada para bombas de recalque que impedissem a elevação do nível d'água no subsolo.

Na figura 70, vê-se um dos drenos instalados direcionado para o poço de águas servidas do prédio, além de uma bomba de sucção.



Figura 70: Dreno e bomba de sucção em subsolo – Fonte: O autor

No entanto, apesar de manterem o nível d'água mais baixo, os drenos não foram criados como artifício de projeto para que fossem evitados os vazamentos e infiltrações no subsolo. Isso por dois motivos:

- Economia de energia devido ao acionamento constante das bombas dos poços de águas servidas do prédio
- Aumento de vazios no solo devido a retirada de água do lençol freático

A segunda questão é, conceitualmente, a maior delas, devido aos possíveis danos estruturais, ocasionados por problemas estruturais, aos vizinhos. Porque, com a drenagem constante de água pode ocasionar um carreamento grande de partículas a ponto de criar vazios que prejudiquem as fundações das edificações vizinhas.

Tal preocupação deve ser considerada, já que, nos últimos anos, após a utilização deste tipo de solução, ocorreram casos computados de danos à vizinhos na cidade do Rio de Janeiro. Onde o uso dos drenos na construção de grandes torres obrigou que fossem feitas interdições e, posteriormente, reforços nas fundações, em construções mais antigas com fundações diretas na região do centro da cidade. Fato que gerou apresentações e debates no simpósio de “Impermeabilizações em Estruturas de Concreto Enterradas” na SINDUSCON-RJ, que serão comentados nos capítulos a seguir.

B- LAJE SUBPRESSÃO

A laje foi projetada contendo armaduras negativas e positivas, capazes, assim, de resistirem tanto aos esforços de flexão aplicados pelo tráfego de carros na garagem e pela pressão aplicada pela água de baixo para cima. Outra preocupação na concepção do projeto era quanto ao peso da laje, já que uma laje de pouca espessura poderia “flutuar” devido a pressão d'água existente. Pois tal ocorrência faria com que a laje fletisse e, conseqüentemente, trincasse.

Tal preocupação trouxe outro ponto preponderante nas definições do projeto estrutural: o pé direito da garagem. O que fez com que após a concretagem fosse preciso fazer a demolição de um patamar de concreto de uma antiga escada que já estava fora de

uso. Na figura 71, é possível observar que a estrutura foi demolida de maneira a ficar na altura das vigas existentes.



Figura 71: Estrutura demolida para manutenção do pé direito – Fonte: O autor

Já as vigas haviam sido projetadas, em um primeiro momento, para serem engastadas nas paredes do subsolo. Ou seja, seriam executados diversos furos na estrutura para a colocação de barras de aço que fariam a ponte entre as novas vigas e a estrutura existente, de modo a evitar as juntas frias.

No entanto, essa opção foi descartada devido ao provável extravazamento de água através dos furos feitos, o que dificultaria a continuação dos serviços a serem executados no local.

Na figura 72, ficam claros pequenos pontos de vazamentos provenientes de pequenas falhas na parede que ocorreram durante os processos de demolição. Através dela fica claro o quão grande seriam os vazamentos se fossem feitos os furos na parede para o engastamento da armadura.



Figura 72: Áreas das vigas com pontos de infiltração – Fonte: O autor

Assim, foi decidido que a ponte de ligação entre as vigas e as paredes de concreto seria exercida com a aplicação de um aditivo que seria o responsável pela aderência das estruturas de concreto. Tal aditivo foi aplicado por aspensão logo antes a concretagem, conforme a imagem abaixo.

C- ARMADURAS

Com a demolição do contrapiso existente foi iniciado o processo de armação da estrutura a ser executada. Sendo está estrutura uma laje de subpressão engastada em vigas invertidas por todo o perímetro. Abaixo, na figura 73, é possível ver as telas de aço inferiores e superiores da laje.



Figura 73: Telas de aço superiores e inferiores – Fonte: O autor

D- CRISTALIZANTES DO CONCRETO

Para evitar a ascensão da água através da laje, devido a pressão negativa, a laje executada deveria ter uma baixa permeabilidade, desta maneira, foi decidida a utilização de cristalizantes da *Xypex* no concreto, por possuir as seguintes características:

- Resiste a pressões hidrostáticas positivas e negativas
- Sela microfissuras de até 0,4 mm
- Não requer *primer*, regularização ou proteção da superfície

Havia, então, a possibilidade de escolha da utilização do produto adicionado diretamente na água de amassamento do concreto ou aspergido na forma de pó sobre o concreto fresco, sendo escolhido o segundo, o *Xypex Concentrado DS-1*, por apresentar um menor custo.

Na figura 74, vê-se parte dos sacos de *Xypex* utilizados.



Figura 74: Sacos de cristalizantes *Xypex* – Fonte: O autor

Este impermeabilizante escolhido tem o seguinte método executivo indicado pelo fabricante:

- O concreto fresco deve ser lançado e nivelado
- Após o concreto atingir a capacidade de suporte de uma acabadora, todo o excesso de água devido a eflorescência deve ser retirado e aplicada a acabadora
- Imediatamente após a aplicação da acabadora, aplique de maneira uniforme *Xypex Concentrado DS-1* sobre a superfície, com aplicação manual ou mecânica

- Assim que o pó tenha absorvido a umidade da superfície, a acabadora deve ser aplicada novamente para incorporar o produto ao substrato

- Depois que o concreto tenha endurecido o suficiente, deve ser tratada a superfície até obter o acabamento requerido

- Terminado o processo de acabamento do concreto, inicia-se a cura, que é deve ser feita pelos métodos convencionais por pelo menos 48 hr

Já as vigas foram concretadas de maneira convencional e, após o seu endurecimento, receberam um tratamento impermeabilizante por *Xypex* na forma de pintura, logo após a desforma das vigas. Na figura 75 abaixo, é vista a viga concretada em fôrmas metálicas.

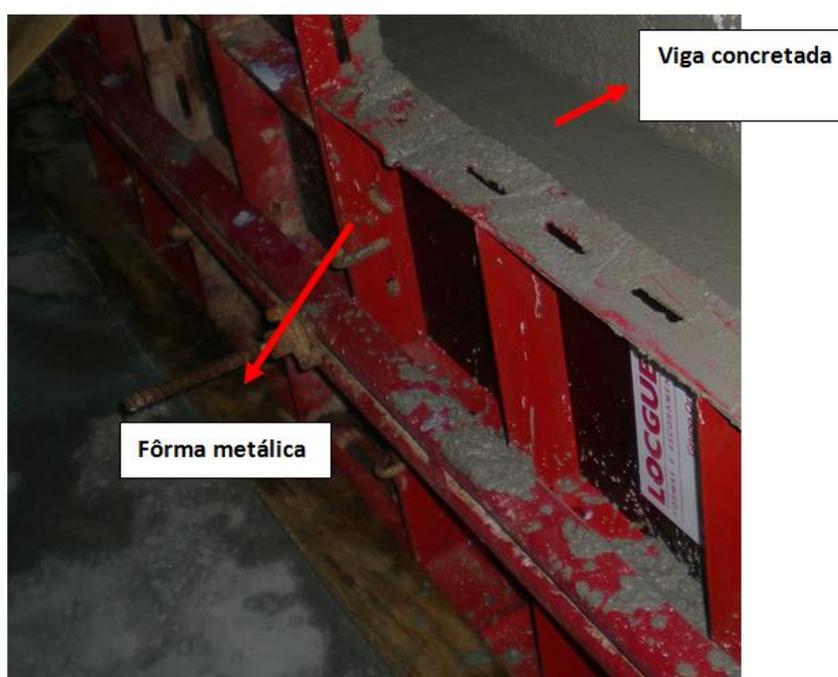


Figura 75: Viga concretada em fôrma metálica – Fonte: O autor

4.2 IMPERMEABILIZAÇÃO FLEXÍVEL

O Sistema de Impermeabilização Flexível consiste num conjunto formado por materiais e produtos aplicáveis nas partes construtivas sujeitas à fissuração, sendo utilizada, desta maneira, em estruturas sujeitas a movimentação.

O sistema é subdividido em dois tipos, as moldadas no local e chamadas de membranas e as pré-fabricadas e chamadas de mantas. Já quanto à fixação da camada se dividem em dois grupos, as aderidas à camada de regularização e as flutuantes (não aderentes).

4.2.1 MEMBRANAS

As membranas têm como sua principal característica o fato de serem moldadas no local e, desta maneira, por serem moldadas no próprio canteiro. Caracterizam-se por também exigirem um rígido controle de espessura e, com isso, da quantidade de produto a ser aplicado por área e seu rendimento. Desta maneira, as membranas exigem um controle tecnológico mais sofisticado durante sua execução.

A necessidade do controle tecnológico devido ao controle de rendimento e espessura faz com que, em muitos casos, se evite tal especificação, dando preferência aos sistemas pré-fabricados, já que o bom resultado depende muito da qualidade dos produtos e de sua aplicação, necessário contar com mão de obra capacitada e utilizar produtos normalizados.

No entanto, as membranas apresentam uma grande vantagem em relação os produtos pré-fabricados: as membranas não apresentam emendas. Visto que, quanto maior o número de emendas maiores as chances de falhas, este ponto é visto como preponderante em áreas muito recortadas e com muitas interferências. Pois, por ser moldável, torna mais fácil sua execução evita às diversas emendas que uma área como essa teria se fossem utilizadas mantas.

Quando necessário, para atender as solicitações estipuladas para a área a ser impermeabilizada, deve ser dimensionado um estruturante para ser aplicado entre as camadas.

A- MEMBRANA DE POLÍMERO MODIFICADO COM CIMENTO

De acordo com *Viapol*, um dos maiores fornecedores do produto, defini-se o produto como um Impermeabilizante à base de resinas termoplásticas e cimentos aditivados que em composição, resultam em uma membrana de polímero modificado, com cimento de excelentes características de resistência e impermeabilidade.

Podem-se listar as principais características:

- Resistente à altas pressões hidrostáticas positivas (no sentido de dentro para fora da estrutura)
- De fácil aplicação com trincha ou vassoura de pelo
- Por ser atóxico e inodoro não altera a potabilidade da água
- Ao ser aplicado sobre superfícies de concreto ou argamassa isenta de cal apresenta excelente aderência
- É capaz de acompanhar as movimentações e fissuras previstas nas normas brasileiras

Essas características fazem com que o produto seja indicado para uso em torres de água e reservatórios elevados de água potável ou apoiados em estrutura de concreto armado. Já que estruturas como essa se caracterizam por usa movimentação tornando necessário o uso de sistema flexível, além do produto não afetar a potabilidade da água.

A – MÉTODO EXECUTIVO

Quanto ao preparo da superfície, indica-se, em primeiro lugar, a checagem da estrutura de concretos quanto a partes soltas ou desagregadas e possíveis vazios, sendo necessária a execução soa reparos. Atentando, também, para a integridade das armaduras que, quando aparentes, devem sofrer o tratamento adequado. Já as eventuais juntas de dilatação devem ser calafetadas e o redor das tubulações tratado.

O produto não deve ser aplicado em contato com outras substancias químicas, assim, a estrutura deve estar limpa, sem a presença, por exemplo, de nata de cimento, óleos e desmoldantes. Para isso, recomenda-se a lavagem com escova de aço e água ou jato d'água de alta pressão.

Apenas após o preparo da superfície é que se deve iniciar o a preparação do produto, já que a aplicação deve ser feita sem ultrapassar o tempo limite de 60 minutos, na temperatura de 25 C.

O produto, por ser um biocomponente, é fornecido em duas embalagens, uma delas contendo resina e aditivos e a outra composta por cimentos especiais, aditivos impermeabilizantes e plastificantes. Assim, para o preparo do produto, os componentes devem ser misturados por 3 minutos quando mecanicamente ou por 5 quando manualmente.

Durante a aplicação o produto deve ser misturado constantemente para evitar seu início de cura, já a liberação da aplicação tem um período mínimo de 4 horas para. Tais camadas podem ser feita com trincha ou vassoura de pelo, em sentido cruzado, e em camadas homogêneas até se atingir o consumo especificado. Quando necessário, a aplicação de 3 camadas, para atingir o consumo projetado, deve-se reforçar o revestimento com a incorporação de uma tela de poliéster entre a segunda e a terceira camada.

Como a cura do produto leva, no mínimo, 72 horas, deve-se começar o teste de estanqueidade do sistema com duração mínima de 72 horas, três dias depois da aplicação. Após o teste, caso não haja falhas, executa-se a proteção mecânica.

No caso de reservatórios, a proteção deve feita na parte horizontal da estrutura para que o sistema fique protegido do transito durante os períodos de limpeza e manutenção do reservatório. A necessidade desta proteção não costuma ser difundida e executada, o que provoca patologias recorrentes.

B- MEMBRANAS ASFÁLTICAS

Podemos classifica-la como um sistema impermeabilizante flexível moldado in-loco, ou seja, são produtos moldados no próprio canteiro de obra para sua posterior execução. As membranas utilizam produtos derivados do CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo) e se destacam como um dos sistemas mais antigos utilizados no processo de impermeabilização e ainda hoje, apesar da queda da utilização, tem uma grande participação no mercado impermeabilizante.

São utilizadas de maneira que formem uma membrana sobre o substrato e geralmente são utilizadas em impermeabilizações contra água de percolação, água de

condensação e umidade proveniente do solo. Desta maneira, são indicadas para utilização em baldrame e fundações de concreto, além de serem empregados como bloqueador de umidade quando aplicado em contrapisos que irão receber pisos de madeira.

Quanto suas classificações, SABBATINI (2006) cita que as membranas asfálticas podem ser divididas em relação ao tipo de asfalto utilizado e apresentam-se três tipos mais utilizados:

- Emulsão asfáltica: É um produto resultante da dispersão de asfalto em água, através de agentes emulsificantes. São produtos baratos e de fácil aplicação para áreas e superfícies onde não haverá empoçamento ou retenção de água. É aplicado a frio e geralmente sem a adição de estruturantes. Está em desuso, pois, por ser hidrossolúvel, sua capacidade impermeabilizante se perde com o tempo com o fluxo de água.

- Asfalto modificado com adição de polímero elastomérico: É um produto obtido pela adição de polímeros elastoméricos, no cimento asfáltico de petróleo em temperatura adequada. É executado devidamente estruturado, sendo aplicado a frio.

O asfalto modificado, devido seu alto poder de adesão e elasticidade, pode ser utilizado, de acordo com a *Viapol*, produtora do *Vitlastic* apresentado na figura 68, como selante para trincas, fissuras e juntas de telhas metálicas e de fibrocimento, bem como na vedação ao redor de parafusos de fixação, calhas.



Figura 76: Membrana asfáltica da *Viapol* - *Viapol*

Quanto à forma de aplicação, podem ser aplicadas a frio ou a quente. As aplicadas a quente são mais restritivas já que utilizam caldeiras requerendo, assim, mão

de obra especializada para a aplicação, exigindo maiores cuidados quanto a segurança e sendo desaconselhada para ambientes fechados.

C - MEMBRANA ACRÍLICA

De acordo com a *Viapol*, pode-se defini-lo como um Impermeabilizante de alto desempenho para moldagem “in-loco”, produzido à base de 100% de resinas acrílicas puras.

Sendo um material monocomponente, ele forma no local aplicado, uma membrana flexível de alta durabilidade, resistente às intempéries, aosaios UV e à ozona.

Dentre as vantagens apresentadas pelo sistema, a mais representativa do sistema é o fato dele dispensar a proteção mecânica quando a laje não for utilizada por um tráfego muito intenso de pessoas ou existir tráfego de automóveis. Assim, indica-se seu uso em lajes de cobertura, marquises, telhados, pré-fabricados e outros. No entanto, a falta de proteção mecânica, implica numa maior dificuldade para que o sistema tenha a durabilidade desejada, desta maneira, necessita-se fazer a reaplicação do produto periodicamente.

Outra característica importante é o fato de possuir a cor branca e não amarelar com o tempo, pois, desta maneira, reflete-se os raios solares, de modo a proporcionar conforto térmico ao reduzir o calor que passa para o ambiente interno.

Quanto à aplicação não há grandes diferenças junto a outros impermeabilizantes químicos, ou seja, deve ser feita aplicação cruzada utilizando trincha ou desempenadeira metálica.

4.2.2 MANTA ASFÁLTICA

As mantas asfálticas, por serem pré-fabricadas, são componentes de um sistema considerado industrializado. Sendo essas mantas compostas à base de asfaltos modificados com polímeros e armados com estruturantes especiais, com o desempenho dependente da composição desses dois componentes.

São os produtos impermeabilizantes mais comumente utilizados no Brasil, compondo o método de impermeabilização mais difundido no país devido o conhecimento da aplicação pela mão de obra e a disponibilidade encontrada do material.

Segundo o Serviço Brasileiro de Resposta Técnica (SBRT,2006) apude Ceudes as mantas são classificadas da seguinte maneira:

I – Quanto à adição na massa

a) Elastoméricas.

De acordo com a SBRT (2006), as mantas são consideradas elastoméricas quando ocorre a adição de elastômeros na massa. Geralmente é utilizado o SBS (estireno=butadieno=estireno) ou outro polímero que venha a aumentar a resistência à tração e alongamento do produto, oferecendo memória elástica.

Consiste numa manta impermeabilizante industrializada feita à base de asfaltos modificados com polímeros de SBS (copolímero estireno=butadieno=estireno) e armada com um não tecido de filamentos de poliéster agulhados, previamente estabilizada com resina termo fixada. Assim, caracterizam-se pela sua alta resistência à tração, à punção e ao rasgamento, qualidades que se apresentam de forma homogênea por toda a manta, reduzindo os riscos de falhas localizadas na impermeabilização (DRYCO PRODUTOS QUÍMICOS LTDA, 2009).

b) Plastoméricas.

De acordo com a SBRT (2006), as mantas são consideradas plastoméricas quando ocorre a ação de plastômeros a massa. Usualmente, APP (polipropileno atático).

Consiste numa manta impermeabilizante industrializada feita à base de asfaltos modificados com polímeros de APP (polipropileno atático) e armada com um não tecido de filamentos de poliéster agulhados, previamente estabilizada com resina termo fixada. Assim, caracterizam-se pela sua alta resistência à tração, à punção e ao rasgamento, qualidades que se apresentam de forma homogênea por toda a manta, reduzindo os riscos de falhas localizadas na impermeabilização (DRYCO PRODUTOS QUÍMICOS LTDA, 2009).

II = Conforme o tipo de estruturante interno.

É definido conforme as solicitações de cada área e dimensionamento de projeto, já que respondem pela resistência da manta à tração e ao alongamento. Características preponderantes quanto a aplicação do sistema impermeabilizante de mantas asfálticas devido a dilatação das estruturas, (SBRT, 2006).

Responsáveis pela resistência a tração. Os mais utilizados são o filme de polietileno, o véu de fibra de vidro e o não-tecido de poliéster, (REVISTA CONSTRUÇÃO E MERCADO, 2004 apud CEUDES).

- Glass – véu de fibra de vidro

É classificada em norma como do Tipo II, oferecendo uma razoável resistência à tração, mas é muito pouco resistente à flexão e a cisalhamento.

- Poliéster – não-tecido de filamentos de poliéster

Classificada em norma como do Tipo III, é uma lâmina de fibras prensadas de poliéster chamadas de “não-tecido” de poliéster. São as mais resistentes.

- Polietileno – filme de polietileno de alta resistência.

Segundo CEUDES (2010), é apenas um estruturante interno, que mantém a manta coesa. Pode ser usado somente em locais onde não deve haver praticamente nenhum requisito de tração longitudinal ou transversal. Caso contrária, a manta acaba se rompendo.

III. Acabamento externo da manta

O acabamento externo, responsável pelo ultimo tipo de classificação, é inserido ainda no processo de fabricação do material e são definidos para uso de acordo as exigências de projeto quanto suas necessidades funcionais, estéticas ou de aplicação.

Os acabamentos externos são, de acordo com a existência, ou não, de proteção mecânica. As mantas que recebem proteção mecânica têm, como acabamentos, o de

filme de polietileno ou de areia. Já as mantas auto protegidas (que ficam expostas), existem com acabamentos de alumínio ou grãos de ardósia

III.1 – Manta Asfáltica com Proteção Mecânica

As mantas asfálticas que necessitam de proteção mecânica são utilizadas em áreas de trânsito, onde pode haver danos ao sistema devido ações físicas, como de funcionamento dinâmico e estático e abrasão. Já os danos causados pelo intemperismo também devem ser considerados, tendo em vista que, em áreas desabrigadas, os sistemas são agredidos pela ação dos raios ultravioleta, o que promove o envelhecimento. Além das agressões proporcionadas por água e vento, assim como a queda de matérias, como folhas, galhos e frutos.

Já as áreas de trânsito podem ser classificadas pelo tipo de fluxo, sendo este de veículos ou de pessoas, e subdivididas pelo volume deste fluxo. Essa definição deve ser feita ainda em projeto, e é importante para a caracterização da proteção mecânica, quanto o seu traço e espessura. Também pode haver o incremento quanto ao uso de isolamento térmico.

As gradações de trânsito e intemperismo fizeram com que a norma - ABNT NBR 9952/2007 – classificasse as mantas de acordo com suas resistências a essas questões e duas durabilidades. Sendo essa a principal mudança ocorrida na norma, que antes se baseava no tipo de massa asfáltica (Oxidado/Policondensado, Plastomérica ou Elastomérica), e hoje tem como principal foco o desempenho.

Sendo assim, as mantas são classificadas conforme os seguintes tipos.

Na tabela 11 conforme o desempenho e a durabilidade.

DESEMPENHO E DURABILIDADE		
TIPO	A	Máximo desempenho e durabilidade
	B	Alto desempenho e durabilidade
	C	Médio desempenho e durabilidade.

Tabela 11: Tipos desempenho e durabilidade de mantas – Fonte: o autor

Já a tabela 12, é de acordo com as resistências a tração.

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO		
TIPO	I	80 N
	II	180 N
	III	400 N
	IV	550 N

Tabela 12: Tipos de resistência à tração de mantas – Fonte: o autor

Há, também as diferentes espessuras, sendo elas de 3mm, 4mm e 5mm. As de 5mm são as mais raras e de menor utilização. Sendo a espessura relacionada ao tipo de área e às condições às quais essa área está sujeita.

Desta maneira, chega-se a tabela abaixo:

Ensaio		Unidade	Tipos			
			I	II	III	IV
1. Espessura (mínimo)		mm	3 mm	3 mm	3 mm	4 mm
2. Resistência à tração e alongamento - Carga máxima (longitudinal e transversal)	Tração (mínimo)	N	80	180	400	550
	Alongamento (mínimo)	%	2	2	30	35
3. Absorção d'água - Variação em massa (máximo)		%	1,5	1,5	1,5	1,5
4. Flexibilidade a baixa temperatura	Tipos	A	-10	-10	-10	-10
		B	-5	-5	-5	-5
		C	0	0	0	0
5. Resistência ao impacto a 0°C (mínimo)		J	2,45	2,45	4,9	4,9
6. Escorrimento (mínimo)		°C	95	95	95	95
7. Estabilidade dimensional (máximo)		%	1%	1%	1%	1%
8. Envelhecimento acelerado	Mantas asfálticas expostas	Os corpos-de-prova, após ensaio, não devem apresentar bolhas, escorrimento, gretamento, separação dos constituintes, deslocamento ou delaminação				
	Mantas asfálticas autoprotégidas					
9. Flexibilidade após envelhecimento acelerado	Tipos	A	0	0	0	0
		B	5	5	5	5
		C	10	10	10	10
10. Estanqueidade (mínimo)		mca	5	10	15	20
11. Resistência ao rasgo (mínimo)		N	50	100	120	140

Fonte: ABNT NBR 9952/2007

Tabela 13: Classificação de mantas asfálticas – Fonte: NBR 9952/2007

A- MÉTODO EXECUTIVO

- 1º Passo: Preparação

A primeira medida a ser tomar é executar a camada regularizadora onde será aplicada a manta para que, conforme já descrito, sejam garantidos os caimentos de 1% e a não existência de partes soltas no revestimento. Garantindo-se, assim, a integridade da base de assentamento da manta, para perfeita aderência da camada impermeabilizante e correto fluxo de água.

Após a verificação, fazem-se os preparos para a posterior execução dos detalhes construídos, que são:

-Abertura de canaletas de, no mínimo, 2 cm x 2 cm em todo o período da área a ser impermeabilizada, a, pelo menos, 20 cm acima do piso acabado

-Executar os rebaixos ao redor dos ralos com 1 cm em uma área de aproximadamente 40 cm x 40 cm para a posterior colocação do reforço de manta

Na figura 77 é vista uma laje na fase dos serviços preliminares de impermeabilização flexível com manta asfáltica.



Figura 77: Serviços preliminares para impermeabilização com manta asfáltica - Fonte: O autor

- Executar meia-cana de no mínimo 3 cm de altura em todo o perímetro da área a ser executada e nos encontros da estrutura para melhor aderência da manta, conforme a figura 78.

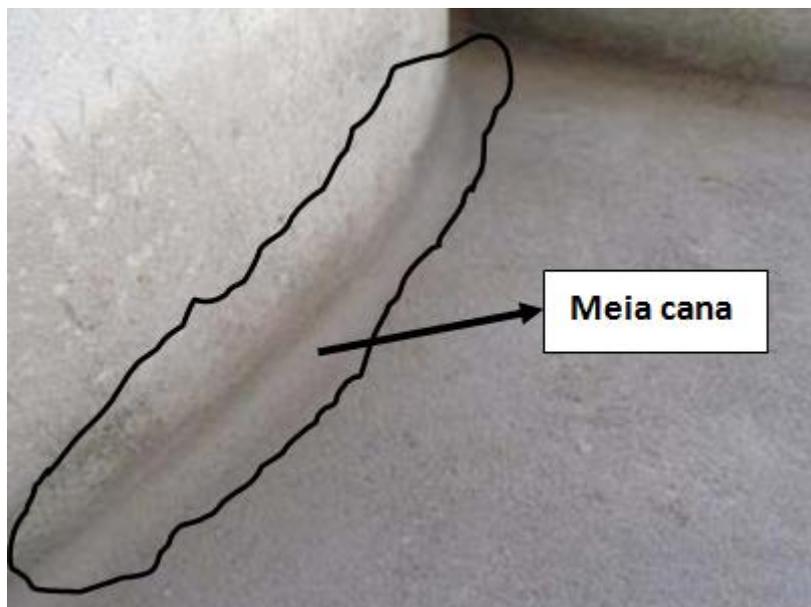


Figura 78: Meia cana - Fonte: Freira, 2007

Ao término desses serviços deve ser iniciada a limpeza da área a ser impermeabilizada, atentando-se para a retirada dos restos de argamassa. Concomitantemente a isso, verificam-se tubulações, tanto elétricas quanto hidráulicas, pois, sendo frágeis, podem se danificar na presença do maçarico.

- 2º Passo: Imprimação

Segundo CEUDES (2010), “a imprimação consiste na aplicação de uma camada de material betuminoso sobre a superfície a ser impermeabilizada tendo como objetivo impermeabilizar e permitir condições de aderência entre esta e o revestimento a ser adequado”. Ou seja, é a etapa fundamental para o sucesso da interface entre a manta e a superfície a ser impermeabilizada.

Desta maneira, a imprimação deve ser feita sobre toda a superfície a qual será aplicada a manta, inclusive os ralos e paredes laterais, por duas demãos de primer asfáltico, respeitando o consumo mínimo projetado. Após a aplicação deve-se esperar

pela secagem, que pode variar dependendo das condições de temperatura e ventilação do local, levando, de maneira geral, no mínimo 6 horas.

Na figura 79, apresenta-se uma área com a imprimação já executada e aguardando a secagem.



Figura 79: Laje com imprimação já executada - Fonte: O autor

Tal aplicação pode com pistola, pincel ou rolo de lã de carneiro, conforme exemplo da figura 80, em que é feita aplicação com rolo de lã de carneiro.



Figura 80: Imprimação com rolo de lã de carneiro - Fonte: métodos executivos de impermeabilização – Freire, 2007

- 3º Passo: Aplicação nos pontos críticos

Terminado o processo de imprimação, inicia-se a aplicação da manta pelos pontos críticos.

- a) Ralos: conforme detalhamento feito anteriormente no trabalho
- b) Tubos acima do nível piso: A impermeabilização deve subir pelo tubo, assim corta-se um pedaço de manta com tamanho suficiente para circundar toda a tubulação e, em seguida, aplica-se outro pedaço de manta, com um furo central para passar pela tubulação. Sendo um ponto importante para a aplicação da manta, o lixamento das tubulações emergentes para que haja melhor aderência.

- 4º Passo: Colagem da manta

Feita a impermeabilização dos pontos críticos começa-se a colagem da manta, iniciando a colagem nos ralos e coletores de água, vindo ao sentido das extremidades, de maneira a obedecer ao escoamento da água. A colagem da manta deve ser iniciada na área vertical até acima da meia cana.

Para a aplicação, aquece-se o a superfície da manta e o substrato e, assim que o plástico de polietileno encolher e o asfalto brilhar deve-se colar a manta. Atentando-se para que não haja um superaquecimento do material e certificando-se que não haja bolhas de ar embaixo da manta.

Já a segunda bobina deve sobrepor a primeira por no mínimo 10 cm e assim subsequentemente. Sendo que, após cada aplicação, para evitar qualquer infiltração, deve ser feito o reaquecimento das emendas dando o acabamento, serviço chamado de biselamento e executado aquecendo-se a colher de pedreiro.

Na figura 81 há um exemplo de emenda das mantas.



Figura 81: Emenda das mantas - Fonte: O autor

- 5º Passo: Execução da manta no rodapé

O rodapé é a última área a ter a manta colada, já que, como visto, é colada em primeiro lugar a manta da área vertical. Faz-se, então, o rodapé com o transpasse mínimo indicado anteriormente de 10 cm, com isso a região do rodapé fica com manta dupla. Na figura 82 é visto um rodapé com manta asfáltica.



Figura 82: Rodapé com manta asfáltica - Fonte: Métodos executivos de impermeabilização – Freire, 2007

- 6º Passo: Teste de estanqueidade

Após a colagem de toda a manta, deve-se fazer o teste para que seja garantida a perfeita aplicação da manta. De acordo com a Norma Brasileira, deve-se estabelecer uma lâmina d'água por, no mínimo, 72 horas, para posterior comparação de nível.

Na figura 83 há uma laje de cobertura onde o teste de estanqueidade está sendo executado.



Figura 83: Teste de estanqueidade - Fonte: Métodos executivos de impermeabilização – Freire, 2007

- 7º Passo: Camada separadora e Proteção mecânica

Não se detectando falhas na impermeabilização é liberado para que seja colocada a camada separadora, de modo a evitar que as tensões atuantes na proteção mecânica sejam transmitidas para a impermeabilização.

Por último, faz-se a execução da proteção mecânica de acordo com o especificado em projeto, que deve considerar a intensidade de tráfego e demais solicitações da estrutura.

B- MANTA DUPLA

Para uma maior garantia e prazo de confiabilidade do sistema de impermeabilização, muitas vezes, usa-se o sistema de dupla manta, que, como nome já diz, consiste numa segunda manta sobressalente a usualmente utilizada.

No entanto, há um erro difundido na execução desse sistema, que é a execução da segunda camada numa direção oposta a primeira camada. Quando o correto seria a colagem da segunda manta nas emendas presentes na impermeabilização.

C- ESTUDO DE CASO

Como estudo de caso, será apresentado um caso de execução de um sistema de impermeabilização de uma laje de cobertura da figura 84 de uma edificação no bairro da Saúde, Rio de Janeiro.

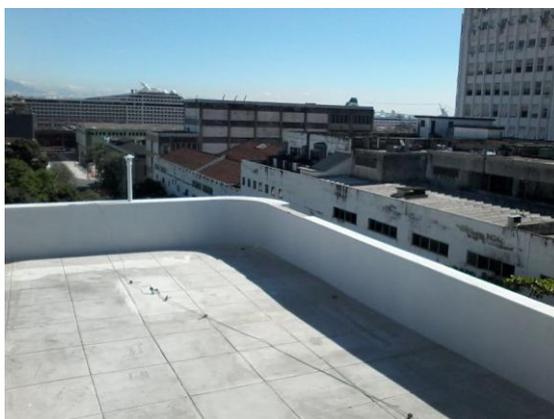


Figura 84: Terraço de edificação na Saúde, Rio de Janeiro – Fonte: O autor

Em primeiro lugar, foram feitas as definições do local a ser impermeabilizado e as características do fluxo ascendente. Por ser um local de alta movimentação e que deveria ser protegido das águas das chuvas, o sistema escolhido seria a impermeabilização flexível por manta asfáltica.

Começou-se, então, a verificação do estado da estrutura e possíveis falhas no sistema de impermeabilização existente, já que a laje se encontrava em péssimo estado de conservação conforme a figura 85.



Figura 85: Laje com estado de conservação ruim – Fonte: O autor

Descobriu-se, no processo de demolição do revestimento existente e da proteção mecânica, para a retirada da impermeabilização existente, que a manta no local não era embutida no guarda corpo, conforme o desenho abaixo da figura 86.

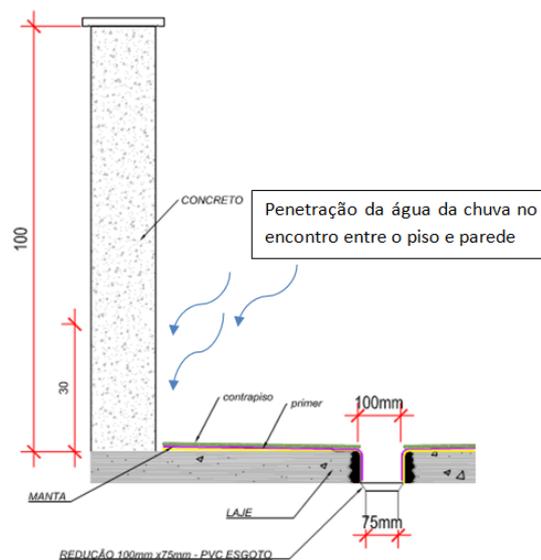


Figura 86: Execução errada de manta asfáltica sem rodapé – Fonte: O autor

Através disso, percebeu-se que as patologias apresentadas no local eram devidas a um erro de execução da impermeabilização, que fazia com que água das chuvas escorria pelo guarda corpo e escorria por baixo da manta, havendo empoçamento na laje.

A partir disso, constatou-se saber porque esse erro de execução havia sido cometido. Nisto descobriu-se que, por ser o guarda corpo uma viga invertida de concreto, não foi feito o embutimento manta através do rodapé. O que mostra a importância da previsão do sistema de impermeabilização em projeto, já que, o próprio projeto estrutural poderia prever o chanfro de embutimento nas formas.

Assim, visto a necessidade de se fazer o rodapé com a subida da manta asfáltica, havia a possibilidade de se abrirem chanfros no concreto com maquina para o embutimento. Mas essa solução foi excluída devido a falta de acesso aos projetos estruturais do prédio, pois o cobrimento poderia não ser grande o suficiente para isso.

Com isso, buscou-se uma nova solução que satisfizesse a seguinte questão: a criação de um rodapé sem o embutimento da manta. Assim foi decidido que a manta subiria até o fim do guarda corpo, fazendo o embutimento sob o chapim, como mostrado na figura 87. O que foi o diferencial do projeto executado.

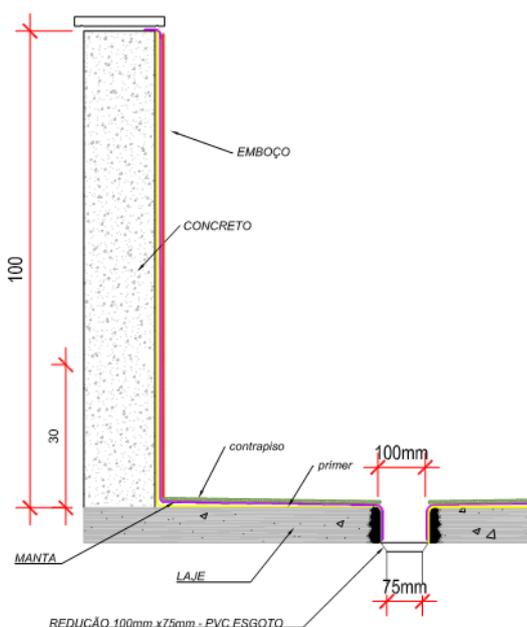


Figura 87: Guarda-corpo com manta asfáltica embutida sob o chapim – Fonte: O autor

A partir de então, seguiu-se o processo de execução da manta asfáltica conforme indicado anteriormente. Na figura 88 a subida da manta já está executada como o projetado.



Figura 88: Manta colada por todo o guarda-corpo – Fonte: O autor

Já na próxima figura, de número 89, vê-se o mesmo guarda corpo já com a pavimentação final de plaqueado de concreto já executada.



Figura 89: Laje descoberta após impermeabilização – Fonte: O autor

D- DANOS A PARTIR DO MAU USO

Os sistemas de impermeabilização de lajes de cobertura costumam apresentar um dano comum conforme a utilização: a perfuração da manta a partir do chumbamento

de antenas, máquinas, para-raios e etc. Isso ocorre, pois a proteção mecânica do sistema e o revestimento final não tem espessura suficiente para proteger as mantas.

Assim, para que isso não ocorra, a técnica correta é fazer uma base de concreto exclusivamente para os chumbamentos necessários, conforme a figura 90 em que são vistas bases de concreto para fixação de antena.



Figura 90: Bases de concreto para fixação de antena em terraço – Fonte: O autor

III.2 – Manta Asfáltica sem Proteção Mecânica

Os Sistemas Flexíveis com manta asfáltica que dispensam proteção mecânica, são aqueles que possuem acabamento superficial incorporado em sua fabricação, podendo ser esses acabamentos granulares ou aluminizados.

Ambas possuem características técnicas para retardar o envelhecimento da impermeabilização pela ação das intempéries, agentes poluentes e têm certa resistência à raios ultravioletas. Já a utilização deve ser em locais com trânsito apenas eventual de pessoas.

a) Manta Asfáltica Aluminizada

O acabamento composto por filme de alumínio que assegura maior longevidade do produto, reflexão dos raios solares e impermeabilidade. Além da durabilidade, essa característica reflexiva proporciona outros benefícios ligados ao desempenho.

- Reduz ruídos provocados pela água da chuva.
- Diminui a temperatura ambiente e proporciona conforto térmico.
- Elimina condensações e corrosões.

No entanto, essa mesma reflexão traz um inconveniente aos vizinhos com o reflexo solar ocasionado no seu uso em coberturas, conforme exemplificado na próxima figura 91.



Figura 91: Cobertura com manta asfáltica aluminizada Fonte: O autor

De acordo com fabricantes, como a *Viapol*, é uma manta asfáltica indicada para impermeabilização de lajes não transitáveis de pequena dimensão, cobertura com telhas de fibrocimento ou telhas metálicas, calhas de concreto e *sheds*. Mas, no dia a dia, o uso recorrente deste tipo de manta se dá, principalmente, em recuperação de telhados.

A- MÉTODO EXECUTIVO

A manta aluminizada é ofertada de maneira a ser executada de duas maneiras, a frio ou a quente. A manta aluminizada não-adesiva é executada da mesma maneira que a manta asfáltica tradicional, conforme a metodologia já descrita. Já a autoadesiva

possui filme plástico descartável bipartido, para proteção do adesivo, que é removido no momento da aplicação e terá seu método executivo descrito a seguir.

O procedimento inicial requer alguns dos mesmos cuidados de sistemas impermeabilizantes já citados, como garantir que a superfície:

- Tenha caimento (mínimo 0,5%), não empoce;
- Seja firme, não solte areia ou se desagregue;
- Não tenha buracos, saliências e irregularidades;
- Tenha cantos e esquinas arredondados;
- Seja limpa;
- Esteja seca;

Como a utilização deste tipo de manta é mais comum em telhados e coberturas, há uma individualidade neste tipo de material: o cuidado com o estado das telhas. Assim, o primeiro passo é verificar possíveis telhas quebradas para substituição, para que sejam feitos os passos a seguir:

- Limpar bem o telhado, deixando-o livre de restos de argamassa, madeira, graxa, óleo, pó, folhas ou frutos, e sem partes soltas. Quando necessário, deve-se utilizar hidrojateamento ou uma escova de aço com água;

- Verificar possíveis objetos perfurantes, que devem ser tratados separadamente. Devem ser aderidos sobre os parafusos de fixação das telhas um pequeno manchão de manta, que são pedaços de manta de 10x10 cm, para evitar que a manta principal seja danificada nestes locais ao longo do tempo.

Após o preparo da superfície e o reforço nos parafusos de fixação, inicia-se a colocação da manta. Como nos outros sistemas, inicia-se a colocação pelos detalhes executivos: ralos, cantos e comprimentos de rodapés, tubos emergentes e outros.

A seguir, faz-se a colocação da manta no resto da área a ser impermeabilizada, conforme a sequência indicada pela *Coberfoil*.

- Comece sempre do ponto mais próximo ao ralo (mais baixo) para o mais distante (mais alto).

- Posicione a ponta do rolo no ponto onde estará o início do pano, de forma que a borda especial para sobreposição fique por baixo do pano lateral que será aplicado na seqüência.

- Desenrole a manta até chegar ao final do pano ou ao final do rolo. Corte a manta na largura, seguindo o alinhamento necessário para a junta transversal.

- Assegure que nas juntas transversais, inicial e final, ocorra sobreposição de no mínimo 7,5cm sobre faixa de aplicada anteriormente ou sobre o pano anterior

- Estando o pano posicionado no local onde será aderido, remova cerca de 30 cm da borda de uma das metades do filme de proteção descartável.

- Aperte bem este pedaço inicial, eliminando rugas e bolhas de ar.

- Faça o mesmo para outra metade do filme de proteção, aderindo a borda da manta correspondente.

- Siga soltando as metades do filme de proteção, em trechos de cerca de 50 cm, sempre esticando e mantendo o alinhamento, apertando-a em toda a superfície e nas juntas, eliminando rugas e bolhas de ar. Aperte sempre em diagonais do centro para as laterais da Manta Fria, forçando a saída do ar.

- Trapos, trinchas, escovas macias, espátulas plásticas, roletes de borracha ou madeira podem ser usados para apertar a Manta Fria.

- Posicione o próximo pano lateral de modo a desenrolar-se com o mesmo alinhamento do anterior, garantindo sobreposição de no mínimo 7,5cm sobre o pano de Manta Fria já aplicado.

- Remova cerca de 30cm da fita de proteção da borda especial.

- Repita os passos da aplicação do pano de Manta Fria-A Alumínio, sempre removendo cerca de 50cm da fita de proteção da borda especial a cada novo avanço da aplicação.

- Repita o processo até cobrir toda a superfície a ser revestida.

B- ESTUDO DE CASO

Como estudo de caso, será utilizada uma ocorrência de vazamento proveniente de cobertura acompanhada no mês de Junho de 2014, pelo autor, em uma edificação no bairro da Urca, Rio de Janeiro.

A fachada apresenta uma característica bem incomum, há uma platibanda para que a calha que coleta o fluxo de água da cobertura não fique aparente, conforme a imagem abaixo.

Após fortes chuvas, um vazamento se iniciou na platibanda, danificando, inclusive, o forro existente. Desta maneira, este forro foi retirado para que fosse verificada a origem do vazamento. Assim, viu-se que nas emendas das chapas de aço da calha tinham vazamentos, como apresentado na figura 92.



Figura 92: Calha com vazamentos – Fonte: O autor

Depois disso, foi pesquisado o motivo desse vazamento. Então encontrou-se na calha um sobrepeso ocasionado pela queda de folhas e galhos sobre a cobertura, como pode ser visto.

No local, viu-se que havia uma grade sobre a área da calha, tendo sido feita anteriormente por já ter sido previsto o problema ou por ele já ter ocorrido anteriormente. No entanto, pode-se observar que a o material passava por baixo da grade, de maneira que a calha estava com muitas folhas e galhos, como visto na figura 93.



Figura 93: Cobertura com folhas e galhos – Fonte: O autor

As emendas foram, então, refeitas e a solução adotada foi a execução de manta asfáltica aluminizada sobre a calha formando, assim, uma estrutura com um revestimento para o fluxo contínuo da água.

Há possíveis erros a serem cometidos na adoção desta solução que devem ser debatidos. O primeiro deles é a colocação, apenas, de faixas de manta nas emendas das calhas, como na figura 94, fazendo com que a água penetre por baixo na faixa de manta e continue vazando na emenda da calha.

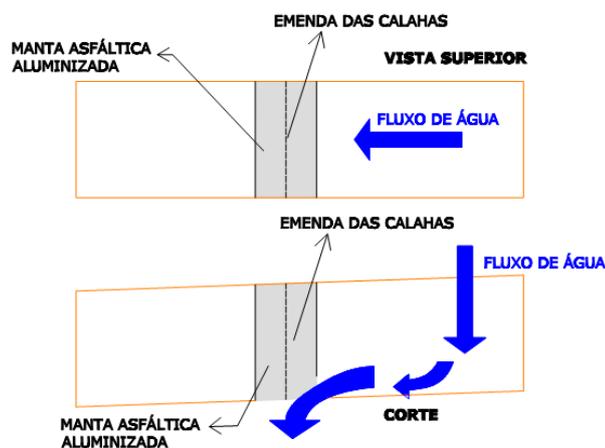


Figura 94: Calha com manta colocada somente na emenda – Fonte: O autor

Já o segundo possível erro seria a colocação da manta apenas na parte côncava da calha, onde há o acúmulo da água.

Neste caso, apresentado na figura 95, a água entraria pela lateral da manta e o vazamento não seria solucionado.

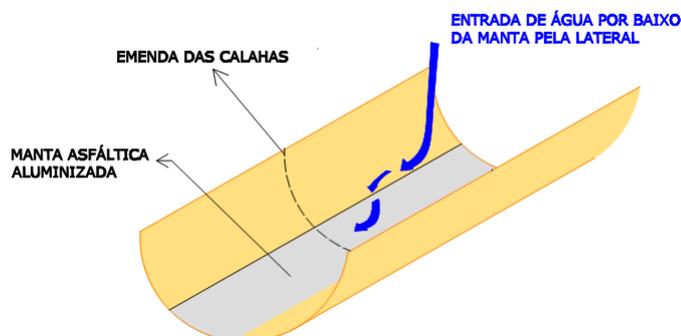


Figura 95: Calha com manta colocada apenas na parte côncava – Fonte: O autor

b) Manta Asfáltica Ardoziada

Manta asfáltica produzida a partir da modificação física do asfalto com polímeros plastoméricos (PL) que conferem à manta asfáltica excelente performance de desempenho quanto à flexibilidade, durabilidade e resistência, em altas e baixas temperaturas, garantindo assim a perfeita impermeabilidade da área onde foi utilizada. Assim como a mantas aluminizadas, são autoprotegidas, indicadas como sistema impermeabilizante com acabamento final de coberturas não transitáveis, dispensando a camada de argamassa de proteção mecânica.

O que a diferencia é o seu acabamento externo, composto pequenas escamas de ardósia natural ou grânulos minerais, que podem ser de diferentes cores, e protegem a manta do intemperismo e proporcionam um exclusivo acabamento superficial. Este acabamento proporciona uma maior capacidade de resistência mecânica, podendo ser utilizadas em áreas de pequeno trânsito, como marquises e tetos de casas de máquinas, que são acessados apenas em momentos de manutenção.

A- MÉTODO EXECUTIVO

O método executivo é exatamente igual ao descrito anteriormente no trabalho da manta asfáltica.

B- PATOLOGIAS

Por ter seu uso associado a áreas onde o trânsito só ocorre em momentos específicos como em trabalhos de manutenção, o maior caso das patologias ocorre exatamente nos riscos associados a esses serviços.

Desta maneira, o uso da manta asfáltica ardoziada tem como ponto negativo a necessidade constante do controle do trânsito e das atividades que acontecerão na área a ser impermeabilizada como utilizando-se esse sistema.

Assim, em muitos casos, o sistema impermeabilizante que utiliza a manta asfáltica ardoziada é danificado com o apoio de máquinas, condensadores de ar condicionado na maior parte dos casos, e chumbamento de antenas.

C- ESTUDO DE CASO

Como estudo será apresentado um caso acompanhado numa edificação na Ilha do Governador, Rio de Janeiro, em que precisava ser feita a impermeabilização da marquise.



Figura 96: Fachada com marquise de edificação na Ilha do Governador, Rio de Janeiro

– Fonte: O autor

Em primeiro lugar, foi-se verificado se havia ou não um sistema de impermeabilização, que não havia. A partir de então, foi estudado o melhor sistema de impermeabilização a ser escolhido. A escolha de um sistema flexível com manta asfáltica com proteção mecânica foi descartada para que fosse evitado o sobrepeso, já os sistemas rígido não foram considerados devido a forte incidência solar, que poderia, com o tempo, resultar em fissuras no sistema de impermeabilização.

Assim, restaram duas opções, ambas de mantas asfálticas autoprotetidas, as aluminizadas e as ardonizadas. Começou-se então uma análise de qual seria a melhor escolha a ser feita.

A manta aluminizada apresentava como vantagem o fato de ser mais comumente aplicada e ter o fornecimento imediato, no entanto, o fato de ser reflexiva era um empecilho, além de esteticamente ter uma aparência de um sistema provisório.

Desta maneira, foi escolhida a manta asfáltica ardonizada. Notou-se, então, que o material não é de fácil acesso. Houve dificuldade para se encontrar fornecedores e o

prazo de entrega foi de 15 dias, para a quantidade ofertada, já que os fornecedores vendiam apenas quantidades a partir de 20 rolos. Com isso, foi feita uma mudança no planejamento inicial e optou-se pela escolha das mantas aluminizadas que foi aplicada na marquise e, como previsto, passou a ser extremamente reflexiva como na figura 97.



Figura 97: Marquise com manta asfáltica aluminizada já aplicada – Fonte: O autor

Já o fechamento frontal do forro de gesso foi impermeabilizado, mesmo sendo recuado e, assim, não estando em contato direto com o tempo e sendo com do tipo Resistente a Umidade, como visto na figura 89.



Figura 98: Marquise e forro de gesso impermeabilizados – Fonte: O autor

ERROS TÍPICOS DE EXECUÇÃO DE MANTAS AUTO-PROTEGIDAS

Por serem produtos utilizados em sistemas de impermeabilização de lajes intransitáveis sendo, assim, utilizados em larga escala em lajes de cobertura, os erros típicos do processo estão normalmente associados com o detalhe da impermeabilização de antenas e para-raios.

Pois, quando não impermeabilizados de maneira correta, tais componentes criam zonas vulneráveis da impermeabilização, com verdadeiros pontos de passagem do fluxo de água. Em muitos casos a manta não sobe através da haste, envolvendo apenas parte de sua base, permitindo, assim, a passagem de água.

Já na figura 99, a seguir, há um agravante: a haste foi chumbada sobre a manta, a danificando.



Figura 99: Antena chumbada sobre manta auto-protégida – Fonte: O autor

Um erro com esse compromete todo o sistema executado e ocorre frequentemente devido, muitas vezes, a dificuldade de acesso para a fiscalização e ao uso do local por fornecedores de serviços como o de TV à cabo que, na maior parte dos casos, não tem a preocupação exigida com o funcionamento do sistema.

Na figura é exemplificada a execução correta do detalhe de impermeabilização de hastes chumbadas utilizando-se mantas auto-protégidas. Nela podemos observar que a impermeabilização foi executada após o chumbamento e a subiu a haste.



Figura 100: Impermeabilização em haste de antena – Fonte: O autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi visto que parte considerável dos danos e patologias das construções são ocasionados pela água, em suas diferentes formas. Justificando, assim, os diferentes os custos depreendidos nos sistemas de impermeabilização.

Viu-se, também, que para que esses sistemas obtivessem sucesso, deveriam ser executados de acordo com a atuação do fluxo presente no local, além de preencherem uma serie de requisitos para o funcionamento correto do sistema.

Desta maneira, foram descritos, caracterizados e exemplificados os diversos tipos de atuação das águas, sejam pressões hidrostáticas, de percolação, coluna d'água ou umidade do solo, para que, através do reconhecimento dos tipos de atuação, fosse possível projetar o sistema de impermeabilização correto.

A partir de então, foram detalhados os diversos componentes do sistema e descritos, tanto os métodos corretos de detalhamentos em projeto como os de execução. Sendo apresentados concomitantemente casos típicos de erros de execução e projeto.

Após a apresentação desses detalhes, foram apresentados os diversos tipos de impermeabilização e as explicações quanto às diferenças de classificação dos sistemas quanto Rígidas e Flexíveis. Sendo estas classificações relacionadas aos efeitos dos movimentos de dilatação e retração do substrato, ocasionados por variações térmicas ou por características da própria estrutura.

Feitas as caracterizações dos diferentes tipos de impermeabilização e descrição dos métodos executivos, foram apresentados estudos de caso acompanhados de desenhos que descreviam o método correto de execução e os possíveis erros a serem cometidos em projeto.

Nesses estudos também foram apresentados os possíveis danos a ocorrerem durante a utilização, além dos cuidados necessários nos processos de manutenção. E a partir das análises feitas, foi possível verificar os erros recorrentes e, assim fazer uma leitura mais completa da situação atual da indústria da impermeabilização.

5.1 CRÍTICAS

Nos últimos anos observou-se o crescimento da utilização de empresas especializadas em serviços específicos do cronograma construtivo e, com o sistema impermeabilizante isso não foi diferente. Ou seja, assim como os serviços execução de divisórias de *dry-wall* e fôrmas para concretagem, por exemplo, hoje, é cada vez maior o número de subcontratações de empresas que executam apenas a impermeabilização.

Esta tendência pode causar problemas já sentidos em outros processos da construção, já que, na maior parte dos casos, a empresa responsável pela impermeabilização toma parte do processo apenas no momento da execução do material impermeabilizante. Ou seja, há a possibilidade que o executor não se envolva na execução de outros componentes do sistema, importantes no sucesso da impermeabilização.

Em muitas situações, a empresa impermeabilizadora apenas orienta o que deve ser feito nos serviços preliminares como quanto aos caimentos, por exemplo, e após a execução da impermeabilização se isenta dos serviços posteriores.

Desta maneira, há o risco da impermeabilização não fazer parte do conceito de sistema, já que, apenas o material impermeabilizante, é aplicado por uma empresa especializada.

Mas, deve-se dizer, que num esforço dos envolvidos no processo hoje há uma *Associação de Empresas de Impermeabilização* (AEI) no Rio de Janeiro, possibilitando que sejam consultadas as empresas cadastradas, sendo elas projetistas, consultoras ou executores, para um melhor embasamento no momento da contratação.

5.1.1 FORMAÇÃO DE MÃO DE OBRA

Uma das características apresentadas pelas empresas de impermeabilização é a especialização da mão de obra, que é um dos grandes gargalos da indústria da construção civil.

Mas, apesar desta chamada especialização o que se observa, é que, mesmo nestas empresas, o aprendizado é passado de operário a operário, sem treinamentos

formais. Pois, há uma carência quanto ao treinamento formal e aprendizagem teórica, o que leva na continuidade da transmissão de alguns conceitos errados.

Visto isso, iniciou-se uma pesquisa quanto à oferta de cursos e treinamentos para a especialização da mão de obra. Encontrou-se, então, um verdadeiro gargalo no estado do Rio de Janeiro, apesar de os maiores fabricantes oferecem cursos de formação de mão de obra.

Pois estas mesmas fabricantes, apesar da farta oferta de cursos, têm seus centros de treinamento em São Paulo, como a *Viapol* e a *Denver Impermeabilizantes*.

A *Viapol* oferece cursos gratuitos que são separados nas linhas de químicos e mantas, no seu centro de treinamento. Esses mesmos cursos também são ofertados de maneira gratuita em empresas, desde que o número de participantes seja entre 15 e 25 pessoas, no entanto, o agendamento prévio não se mostrou tão simples. Quando foi feita uma tentativa de contato pelo autor, o setor estava indisponível.

Já a *Denver Impermeabilizantes* possui cursos apenas de aplicação de manta asfáltica, também ofertados em, apenas, São Paulo. Um ponto negativo da *Denver* é o fato de a empresa não disponibilizar em seu site a opção de cursos em empresas aplicadoras. Quando questionada pelo autor, a possibilidade deste curso ser ofertado no Rio de Janeiro não negado, havendo, assim, apenas as possibilidades de cursos em São Paulo.

A ausência de possibilidades de cursos e treinamento no estado continua quando o SENAI é consultado, já que não há ofertas pela instituição. Sendo os cursos da área de construção civil apenas os de pedreiro, carpinteiro, montador de *dry-wall* e instalador hidráulico, sendo este coordenado pela Amanco.

Já a unidade de São Paulo, ao contrário da unidade fluminense, possui o curso de Impermeabilização de estruturas. O que só reforça a carência de cursos para aplicadores no estado, principalmente se comparado com a oferta paulista.

A única oferta de curso para formação de mão de obra no Rio de Janeiro foi na AEI, que em parceria com o SENAI, oferece em sua sede em São Cristóvão cursos para aplicadores de impermeabilização.

Assim, observa-se que, mesmo sendo a falta de qualificação da mão de obra notadamente um dos gargalos da construção civil brasileira e, conseqüentemente, da indústria da impermeabilização, não há projetos ou incentivos para formação de mão de obra.

5.1.2 FORMAÇÃO DE PROJETISTAS

Sendo já citada a importância dos projetos de impermeabilização e da escolha e especificação dos materiais para o sucesso do sistema é necessário que se estude como é feita a formação desses projetistas.

E, observando os cursos ofertados nas universidades e centros de estudos continuados, chega-se a conclusão que a formação dos especialistas em projetos de impermeabilização ocorre, de maneira geral, da mesma que os aplicadores, através da experiência prática e observação.

Além disso, encontra-se a mesma característica vista em relação aos cursos dos aplicadores quando comparadas as ofertas no Rio de Janeiro e em São Paulo: há ofertas paulistas em contraponto a inexistência de cursos no Rio. A *Viapol*, por exemplo, oferece um Curso Técnico de Projeto e Sistemas de Impermeabilização.

Já, quando a pesquisa é feita nos curso de graduação, o cenário se torna mais crítico, tanto na Universidade Federal do Rio de Janeiro quanto na Universidade de São Paulo, não há cursos de Impermeabilização em suas grades, mesmo nas matérias eletivas ou na ênfase de Construção Civil, no caso da universidade carioca.

5.2 SUGESTÕES

Visto que, as dificuldades de formação de mão de obra e da formação de projetistas estão diretamente ligadas com os erros cometidos tanto nos projetos quanto na execução dos sistemas de impermeabilização. Fica claro que a melhoria está intimamente ligada ao acesso do conhecimento conceitual do sistema de impermeabilização.

Desta maneira, o acesso às normas, manuais técnicos e livros sobre o assunto devem ser facilitado e difundido. De modo que os conceitos sejam cada vez mais sabidos, não apenas pelos especialistas no assunto, mas por todos envolvidos na

engenharia civil. Assim, iniciativas como a da Associação de Empresas de Impermeabilização, que abre sua biblioteca para consultas, deveriam ser mais conhecidas.

O intercambio entre alunos de graduação e a associação seria uma maneira de difundir conceitos corretos entre futuros projetistas e responsáveis pela fiscalização da execução.

Aulas para aplicadores e cursos de formação de mão de obra feitos no próprio canteiro seriam meios de se diminuir os erros cometidos na execução. Incentivos a programas como “Educar é construir” do SINDUSCON-RJ, que alfabetiza operários em canteiros, também teriam impactos positivos. Já que as transmissões dos métodos corretos poderiam ser feitas, em alguns casos, através de apostilas, por exemplo.

E, para que a correta execução dos sistemas de impermeabilização seja mais valorizada, estudos dos impactos financeiros de falhas da impermeabilização seriam importantes. Com isso, ocorreria a valorização dos profissionais e empresas especializados. Sugerindo-se a realização de trabalhos comparativos entre gastos de execução e gastos com reparos devidos a erros do sistema.

Outro trabalho a ser sugerido seria o do acompanhamento dos cursos de formação de mão de obra e a verificação da aplicação, ou não, dos conceitos transmitidos. E, posteriormente, estudando-se o quanto isso iria influenciar no desempenho do sistema.

Desta maneira, os dois trabalhos sugeridos, atacariam dois dos maiores problemas verificados na execução dos sistemas de impermeabilização, a falta de qualificação da mão de obra e a pouca valorização dada aos projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9575: Impermeabilização: Seleção e Projeto. Rio de Janeiro, 2003.

_____ NBR 9574: Execução de Impermeabilização. Rio de Janeiro, 1986.

ARANTES, Y.K. **Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil**. 2007. 67f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

CRUZ, J. H. P. **Manifestações patológicas de impermeabilização com uso de sistema não aderido com mantas asfálticas: avaliação com auxílio de sistema multimídia**. 2003. 168f. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2003

CETIMPER – Consultoria e Impermeabilização. Rua Aristides Lobo, 126 – Rio Comprido, Rio de Janeiro/RJ

DENVER. **Manual Técnico de Impermeabilização**. Apostila da Denver impermeabilizantes. 2012.

FREIRE, M. A. **Métodos executivos de impermeabilização de um empreendimento comercial de grande porte**. 2007. 72f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007

LERSCH, I. M. **Contribuição para identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre**. 2003. 185f. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2003

MELLO, L. S. L. **Impermeabilização – materiais, procedimentos e desempenho**. 2005. 54f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005

RIGHI, G. V. **Estudos dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos.** 2009. 93f. Monografia (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Su, 2009

SOUZA, C. F. **Avaliação da execução de sistemas de impermeabilização flexível com manta asfáltica.** 2010. 77f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2010

SANTOS, M. R. G. **Deterioração das estruturas de concreto armado – estudo de caso.** 2012. 122f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012

SILVA, I. T. dos S. **Identificação dos fatores que provocam eflorescência nas construções em Angicos- RN.** 2011. 52f. Monografia (Bacharel em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, 2011

VIAPOL. **Manual Técnico de Impermeabilização.** Apostila da Viapol impermeabilizantes. 20013.

- REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS

BUSIAN, FÁBIO. **Impermeabilização asfáltica.** Equipe de obra, São Paulo, n. 60, jun. 2013

CICHINELLI, GISELE. **Umidade barrada.** Revista Construção e Mercado, São Paulo, n. 140, mar. 2013

_____. **Passo a passo: Impermeabilização em drywall.** Equipe de obra, São Paulo, n. 53, nov. 2012

_____. **Estanqueidade garantida.** Técnica, São Paulo, n. 205, dez. 2012

FERRIRA, ROMÁRIO. **Conheça os tipos de impermeabilizante.** Equipe de obra, São Paulo, n. 65, nov. 2013

FIRMINO, Siqueira. **Material de Aula de Métodos Construtivos – Curso de Especialização em Construção Civil** - UFMG, 2013

FREITAS JUNIOR, José de Almendra. **Material de aula da disciplina TC025- Construção Civil II** – UFPR, 2013

GIRIBOLA, MARYANA. **Estanqueidade da manta asfáltica depende da boa aplicação da manta e dos subsistemas, como camada de regularização da base e proteção mecânica adequada ao tipo de uso e revestimento da laje**. Revista Construção e Mercado, São Paulo, n. 156, jul. 2014

MARIANE, ALINE. **Impermeabilização rígida é indicada para estruturas que não ficam expostas ao sol, como reservatórios enterrados**. Revista Construção e Mercado, São Paulo, n. 156, jul. 2014

MARTINS, JULIANA. **Plantas e detalhes técnicos**. Equipe de obra, São Paulo, n. 65, nov. 2013

MINETO, ALEX. **Impermeabilização de piscina**. Revista Construção e Mercado, São Paulo, n. 140, mar. 2013

MOURA, FERNANDO. **Impermeabilização exposta**. Revista Construção e Mercado, São Paulo, n. 144, jul. 2013

NAKAMURA, JULIANA. **Argamassa polimérica**. Equipe de obra, São Paulo, n. 61, jul. 2013

SABBATINI, Fernando H. **Material de aula da disciplina PCC-2436 – Tecnologia da Construção de Edifícios II** – USP, 2006

VENTURINI, JAMILA. **Características da cobertura condicionam escolha de sistema de impermeabilização**. Técnica, São Paulo, n. 205, abr. 2014

CASA D'ÁGUA. Disponível em <www.casadagua.com>. Acesso em 10/06/2014.

COBERFOIL. Disponível em <www.coberfoil.com.br>. Acesso em 20/05/2014.

TEXSA. Disponível em <www.texsa.com>. Acesso em 05/06/2014.

XYPEX. Disponível em <www.xypex.com>. Acesso em 30/05/2014.