

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CIDADE UNIVERSITÁRIA DOM DELGADO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

DAYANNE CHRISTINNE BRAGA FERREIRA

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE
IMPERMEABILIZAÇÃO**

MONOGRAFIA

SÃO LUÍS

2018

DAYANNE CHRISTINNE BRAGA FERREIRA

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE
IMPERMEABILIZAÇÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Coordenação do Curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal do Maranhão.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Luiza Lopes de Oliveira Santos

SÃO LUÍS

2018



Ministério da Educação
Universidade Federal do Maranhão
Campus São Luís
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



DAYANNE CHRISTINNE BRAGA FERREIRA

**DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE
IMPERMEABILIZAÇÃO**

Monografia apresentada à Fundação Universidade Federal do Maranhão, como requisito avaliativo da atividade acadêmica Trabalho de Conclusão de Curso II, sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Maria Luiza Lopes de Oliveira Santos.

Aprovada em / /

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Maria Luiza Lopes de Oliveira Santos (Orientadora)
Universidade Federal do Maranhão

Prof.^o Me. Mikhail Luczynski (Membro)
Universidade Federal do Maranhão

Prof.^a Esp. Josélia Siqueira Machado Fiterman (Membro)
Universidade Federal do Maranhão

Dedico este trabalho aos meus avós maternos, José Manuel e Maria de Jesus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pela força e coragem durante esta longa caminhada.

A Universidade Federal do Maranhão, por ter me possibilitado uma formação com qualidade e excelência.

A minha orientadora, Professora Maria Luiza Lopes de Oliveira Santos, pela orientação, apoio e confiança.

A todos os professores do curso de Ciência e Tecnologia e Engenharia Civil que contribuíram para minha formação profissional.

A toda minha família e amigos, por me darem segurança e me proporcionarem momentos felizes.

Ao meu namorado, Lucas Ribeiro, que me apoia desde o primeiro semestre do curso.

A minha avó, Maria de Jesus, pelo incentivo e apoio em todos os momentos da minha carreira estudantil.

RESUMO

Nos dias atuais, a qualidade, desempenho e durabilidade das construções são ainda mais importantes na conquista de espaço no mercado da construção civil. Na busca pela diminuição de falhas construtivas, destaca-se a importância do projeto de impermeabilização, cuja ausência pode ocasionar em equívocos na hora da execução e comprometer o sistema de impermeabilização ao longo do tempo. Devido à dificuldade de compreensão das normas relacionadas aos projetos de impermeabilização, e face à carência de informações sobre os materiais e métodos executivos, esta monografia teve por finalidade fornecer conhecimentos gerais à respeito dos sistemas de impermeabilização e apresentar as diretrizes para a elaboração de projetos de impermeabilização. Como estudo de caso, foi elaborado um projeto de impermeabilização para um edificação vertical em São Luis/Ma, onde foi detalhado a escolha do material e o processo de execução para cada área, com a representação gráfica dos detalhes construtivos. O projeto elaborado poderá servir de norte para os profissionais de engenharia, porém com a consciência de que cada projeto é único, tanto em especificações, quanto em detalhes.

Palavras-chave: Projeto de impermeabilização. Sistema de impermeabilização. Detalhes construtivos.

ABSTRACT

Nowadays, the quality, performance and durability of the buildings passed are even more important in gaining space in the construction market. In the search for the reduction of constructive failures, the importance of the waterproofing project is highlighted, whose absence can lead to misunderstandings at the time of execution, and may compromise the waterproofing system over time. Due to the difficulty of understanding the standards related to waterproofing projects, and due to the lack of information about the materials and executive methods, this monograph had the purpose of providing general knowledge about waterproofing systems and presenting the guidelines for the elaboration of waterproofing projects. waterproofing. As a case study, a waterproofing project was developed for a vertical building in São Luis / Ma, where the material choice and the execution process for each area were detailed, with a graphic representation of the construction details. The project can serve as a guide for engineering professionals, but with the awareness that each project is unique in both specifications and details.

Key words: Waterproofing project. Waterproofing system. Constructive details.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Água sob pressão positiva e negativa.....	24
Figura 2 – Preparo da superfície.....	29
Figura 3 – Aplicação de emulsão asfáltica a frio.....	36
Figura 4 – Aplicação a quente de manta asfáltica.....	37
Figura 5 – Laje impermeabilizada com argamassa impermeabilizante.....	40
Figura 6 – Box de um banheiro impermeabilizado com argamassa polimérica	41
Figura 7 – Laje impermeabilizada com membrana acrílica.....	44
Figura 8 – Laje impermeabilizada com membrana de poliuretano.....	44
Figura 9 – Diversas formas de atuação da água em edificações.....	52
Figura 10 – Banheiros de uso público.....	58
Figura 11 – banheiro da guarita.....	57
Figura 12 – Depósito de materiais de limpeza.....	59
Figura 13 – Depósito de materiais de limpeza.....	59
Figura 14 – Poço do elevador visto em corte.....	61
Figura 15 – Lavanderia.....	62
Figura 16 – Jardineira interna.....	63
Figura 17 – Jardineira externa.....	63
Figura 18 – Laboratório de Engenharia Química.....	64
Figura 19 – Vista em corte do reservatório inferior.....	65
Figura 20 – Laje de cobertura.....	66
Figura 21 – Detalhamento dos procedimentos preliminares à impermeabilização.....	70
Figura 22 – Detalhe Ralo.....	71
Figura 23 - Detalhe viga baldrame.....	76
Figura 24 - Vista em corte do Instituto II.....	77
Figura 25 - Arremate da manta no ralo.....	80
Figura 26 - Sobreposição das emendas.....	81
Figura 27 - Detalhe impermeabilização das jardineiras.....	82
Figura 28 - Encaixe da manta na mureta.....	82
Figura 29 - Detalhe da colocação da manta nos tubos passantes.....	85
Figura 30 - Detalhe da impermeabilização dos Laboratórios.....	89
Figura 31 - Detalhe da impermeabilização do lado externo do muro de contenção.....	91
Figura 32 - Impermeabilização das calhas.....	93
Figura 33 - Laje dos reservatórios inferiores.....	94
Figura 34 - Detalhe da impermeabilização do reservatório inferior.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Locais vulneráveis à infiltração da água.....	23
Tabela 2– A umidade em cada área da edificação	25
Tabela 3 – Etapas do processo de impermeabilização	28
Tabela 4 – Sistemas auxiliares à impermeabilização.....	31
Tabela 5– Serviços auxiliares à impermeabilização.....	32
Tabela 6– Etapas do processo de impermeabilização	33
Tabela 7– características dos sistemas de impermeabilização.....	35
Tabela 8 – Quadro comparativo entre mantas e membranas	38
Tabela 9 – Materiais impermeabilizantes	39
Tabela 10 – Principais tipos de membranas impermeabilizantes.....	43
Tabela 11 – Características e aplicações das mantas impermeabilizantes.	46
Tabela 12 – Vantagens e desvantagens das mantas asfálticas.....	47
Tabela 13 – Etapas do Projeto de impermeabilização	49
Tabela 14 – Detalhes construtivos para projetos de impermeabilização.....	53
Tabela 15 – Áreas a serem impermeabilizadas	56
Tabela 16 – Áreas a serem impermeabilizadas	67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.2 JUSTIFICATIVA.....	18
1.3 OBJETIVOS.....	19
1.3.1 Objetivo geral	19
1.3.2 Objetivos específicos	19
1.4 METODOLOGIA	19
1.4.1 Seleção do objeto de estudo.....	20
1.4.2 Análise do objeto de estudo	20
1.4.3 Elaboração do projeto de impermeabilização	20
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	21
2.1 UM BREVE HISTÓRICO	21
2.2 UMIDADE EM EDIFICAÇÕES.....	22
2.2.1 Formas de infiltração	23
2.2.1.1 Por Ascensão capilar	23
2.2.1.2 Por água de chuva	23
2.2.1.3 Por condensação	24
2.2.1.4 Por pressão	24
2.2.2 Soluções de problemas com a umidade	25
2.3 SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO	27
2.3.1 Princípios de funcionamento	28
2.3.2 Classificação dos sistemas impermeabilizantes.....	32
2.3.2.1 Classificação quanto à aderência.....	33
2.3.2.2 Classificação quanto à flexibilidade.....	34
2.3.2.3 Classificação quanto ao método executivo	35
2.4 PRINCIPAIS MATERIAIS IMPERMEABILIZANTES	38
2.4.1 Argamassa com aditivo hidrófugo	39
2.4.2 Argamassas e cimentos poliméricos	40
2.4.3 Cristalizantes.....	42
2.4.4 Membranas	42
2.4.5 Mantas	44
3 PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO	48
3.1 REQUISITOS GERAIS SEGUNDO A NBR 9575:2010	49
3.2 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS.....	50
3.3 SELEÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO.....	51
3.4 DETALHES CONSTRUTIVOS.....	53
4 ESTUDO DE CASO	55
4.1 SELEÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO.....	55

4.2 LEVANTAMENTO PRELIMINAR DAS ÁREAS A SEREM IMPERMEABILIZADAS.....	56
4.3 ESCOLHA DOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO	57
4.3.1 Banheiros.....	57
4.3.2 Depósito de materiais de Limpeza (DML)	58
4.3.3 Muro de contenção	60
4.3.4 Poço do elevador	60
4.3.5 Vigas Baldrames	61
4.3.6 Pisos em contato com o solo.....	61
4.3.7 Lavanderia	62
4.2.8 Jardineiras (interna e externa).....	62
4.3.9 Laboratórios de engenharia química.....	63
4.3.10 Reservatório inferior.....	64
4.3.11 Reservatório superior	65
4.3.12 Lajes descobertas	66
4.3.13 Calhas.....	67
4.4 MEMORIAL DESCRITIVO	68
4.4.1 Banheiros, lavanderia e depósito de materiais de limpeza	68
4.4.1.1 Camadas.....	68
4.4.1.2 Materiais.....	68
4.4.1.3 Procedimento de execução	69
4.4.1.3.1 <i>Procedimentos preliminares.....</i>	<i>69</i>
4.4.1.3.1.1 <i>Preparo do substrato.....</i>	<i>70</i>
4.4.1.3.1.2 <i>Preparo do material impermeabilizante.....</i>	<i>70</i>
4.4.1.3.1.3 <i>Aplicação.....</i>	<i>71</i>
4.4.1.3.1.4 <i>Teste de estanqueidade.....</i>	<i>71</i>
4.4.1.3.1.5 <i>Proteção mecânica.....</i>	<i>71</i>
4.4.2 Poço do elevador	72
4.4.2.1 Camadas.....	72
4.4.2.2 Materiais.....	72
4.4.2.3 Procedimento de execução	72
4.4.2.3.1 <i>Preparo do substrato.....</i>	<i>72</i>
4.4.2.3.2 <i>Preparo do material impermeabilizante.....</i>	<i>73</i>
4.4.2.3.3 <i>Aplicação.....</i>	<i>73</i>
4.4.2.3.4 <i>Proteção mecânica.....</i>	<i>73</i>
4.4.3 Vigas Baldrames	73
4.4.3.1 Camadas.....	73
4.4.3.2 Materiais.....	74
4.4.3.3.2 <i>Preparo do material impermeabilizante.....</i>	<i>74</i>
4.4.3.3.3 <i>Aplicação.....</i>	<i>75</i>
4.4.4 Pisos em contato com o solo.....	76
4.4.4.1 Camadas.....	76

4.4.4.2 Materiais.....	76
4.4.4.3 Procedimento de execução.....	76
4.4.4.3.1 Preparo do substrato.....	76
4.4.4.3.2 Preparo do material impermeabilizante.....	77
4.4.4.3.3 Aplicação.....	77
4.4.5 Jardineiras	78
4.4.5.1 Camadas.....	78
4.4.5.2 Materiais.....	78
4.4.5.3 Procedimento de execução.....	78
4.4.5.3.1 Procedimentos preliminares.....	78
4.4.5.3.3 Preparo do substrato.....	79
4.4.5.3.4 Procedimentos executivos.....	79
4.4.6 Lajes de cobertura	83
4.4.6.1 Camadas.....	83
4.4.6.2 Materiais.....	83
4.4.6.3 Procedimento de execução.....	83
4.4.6.3.1 Procedimentos preliminares.....	83
4.4.6.3.2 Preparo do substrato.....	84
4.4.6.3.3 Procedimentos de impermeabilização.....	84
4.4.7 Laboratórios de engenharia química	86
4.4.7.1 Camadas.....	87
4.4.7.2 Materiais.....	87
4.4.7.3 Procedimento de execução.....	87
4.4.7.3.1 Procedimentos preliminares.....	87
4.4.7.3.2 Preparo do substrato.....	87
4.4.7.3.3 Procedimentos executivos.....	88
4.4.8 Muro de contenção	89
4.4.8.1 Camadas.....	89
4.4.8.1.1 Lado externo.....	89
4.4.8.1.2 Lado interno.....	89
4.4.8.2 Materiais.....	89
4.4.8.3 Procedimento de execução lado externo.....	90
4.4.8.3.1 Preparo do substrato.....	90
4.4.8.3.2 Preparo do material impermeabilizante.....	90
4.4.8.3.3 Aplicação.....	90
4.4.8.3.4 Proteção mecânica.....	90
4.4.8.3.5 Camada drenante.....	91
4.4.8.4 Procedimento de execução lado interno.....	91
4.4.8.4.1 Preparo do substrato.....	91
4.4.8.4.2 Preparo do material impermeabilizante.....	92
4.4.8.4.3 Aplicação.....	92

4.4.9 Calhas e Lajes de cobertura dos reservatórios (inferior e superior)	92
4.4.9.1 Camadas.....	92
4.4.9.2 Materiais.....	92
4.4.9.3 Procedimento de execução.....	93
4.4.8 Reservatório inferior	94
4.4.10.1 Camadas.....	94
4.4.10.2 Materiais.....	94
4.4.10.3 Procedimento de execução.....	95
4.4.10.3.1 <i>Procedimentos preliminares</i>	95
4.4.10.3.2 <i>Preparo do substrato</i>	95
4.4.10.3.3 <i>Preparo do material impermeabilizante</i>	95
4.4.10.3.4 <i>Aplicação</i>	96
4.4.10.3.5 <i>Proteção mecânica</i>	96
4.4.10.3.6 <i>Recomendações para uso</i>	96
4.4.11 Reservatório superior	98
4.4.11.1 Camadas.....	98
4.4.11.2 Materiais.....	98
4.4.11.3 Procedimento de execução.....	98
4.4.11.3.1 <i>Procedimentos preliminares</i>	98
4.4.11.3.2 <i>Preparo do substrato</i>	98
4.4.11.3.3 <i>Preparo do material impermeabilizante</i>	99
4.4.11.3.4 <i>Aplicação</i>	99
4.4.11.3.5 <i>Proteção mecânica</i>	99
4.4.11.3.6 <i>Teste de estanqueidade</i>	99
4.4.11.3.7 <i>Recomendações para uso</i>	100
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS A RESPEITO DO PROJETO	100
5 CONCLUSÃO	101
REFERÊNCIAS	102

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Nos dias atuais, a qualidade, desempenho e durabilidade das construções passaram a ser ainda mais importantes na conquista de espaço no mercado da construção civil, que está cada vez mais competitivo tendo em vista a crise econômica que o Brasil se encontra. Para atender a tais requisitos se fazem necessários a qualificação e aperfeiçoamento das técnicas construtivas, com a incorporação de novas tecnologias (que aumentam a produtividade e reduzem custos), no entanto prezando pela adequação às normas técnicas.

Para Rocha (2016, p.22), setor da construção civil passa por uma grande evolução, onde se busca cada vez mais o aumento da qualidade das obras aliado à redução de custos da produção. O autor acrescenta que:

Nesse contexto, observa-se a maior valorização de técnicas para diminuir os custos de produção e a ocorrência de falhas no produto e no processo de execução e ainda para introduzir decisões embasadas tecnologicamente, em substituição às empíricas, otimizando as atividades de execução (ROCHA, 2016, p.22).

À vista disso, a Norma Brasileira de Desempenho (NBR 15575/2013) surgiu pela preocupação em estabelecer requisitos mínimos de desempenho para edificações habitacionais. As exigências normativas são relacionadas à segurança, habitabilidade e sustentabilidade das construções. A norma estabelece parâmetros, objetivos e quantitativos que possam ser medidos para que se cumpram tais exigências. Entre os requisitos e critérios estabelecidos pode-se citar, entre outros, estanqueidade à água, durabilidade e manutenção.

A preocupação quanto a tais requisitos surge ainda na fase de concepção, que inclui os estudos preliminares, anteprojeto e projeto, fase essa que, segundo Franco (1992), é fator determinante na qualidade do produto e do processo construtivo. De fato, segundo Oliveira e Mitidieri Filho (2012):

Cada vez mais a prática de projetar com enfoque em desempenho deve ser incorporada ao processo de projeto, principalmente em razão das crescentes

preocupações a respeito da durabilidade e da sustentabilidade (OLIVEIRA e MITIDIERI FILHO, 2012, p. 91).

Diante disso, tem-se o projeto de impermeabilização, que muitas das vezes é dispensado pela falta de conhecimento sobre o mesmo, ou ainda é considerado como um gasto desnecessário. Todavia, conforme Bernhoeft e Melhado (2010), o sucesso de uma construção depende não só da sua execução, mas, igualmente, da existência e da qualidade de seu projeto. Destaca-se que o projeto de impermeabilização é essencial para evitar as inúmeras patologias causadas pela infiltração da água, pois define os locais vulneráveis, sistema correto e a técnica adequada de impermeabilização.

As normas relacionadas com impermeabilização (NBR 9574:2008 e NBR 9575:2010) ainda deixam muitas dúvidas quanto à interpretação dos requisitos no tocante aos detalhes construtivos, desta forma é necessário um maior detalhamento dessas fases para melhorar o entendimento do processo de elaboração de um projeto de impermeabilização.

1.2 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos a cidade de São Luís/MA passou por um processo de intenso crescimento urbano, tanto na infraestrutura pública, quanto no setor privado. Prova disso é o grande número de empreendimentos residenciais, comerciais e empresariais que se espalharam por diversas áreas da cidade.

Esse crescimento apesar de desacelerado pela crise traz consigo grandes problemas que são decorrentes de falhas de projeto e execução, uma vez que não são cumpridos os requisitos normativos para garantir a durabilidade do produto final da construção, a edificação. Sem dúvida esses problemas estão presentes não apenas em São Luís/MA, pois são observados e amplamente discutidos em todo o Brasil.

Sabe-se que a água é responsável por grande parte das patologias em edificações, e depois que se infiltra, combatê-la pode se tornar uma tarefa demasiadamente complicada. O processo de retrabalho nesses casos geralmente é oneroso e de difícil execução. A presença da água em locais indesejados prejudica a estética do ambiente, pode ainda torná-lo insalubre e inadequado para habitação.

Todo esse transtorno pode ser evitado dando a devida importância às técnicas de execução e principalmente ao projeto de impermeabilização.

Mediante o exposto, e considerando a falta de conhecimento dos profissionais técnicos da área de Engenharia Civil sobre o projeto de impermeabilização, a necessidade de um maior detalhamento das normas e a importância de um projeto de impermeabilização para a durabilidade de uma construção, justifica-se a necessidade de desenvolvimento do trabalho referente a elaboração de diretrizes para projeto de impermeabilização para edificações.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Estabelecer diretrizes para elaboração de projeto de impermeabilização para edificações verticais construídas no município de São Luís/MA.

1.3.2 Objetivos específicos

- Selecionar o objeto de estudo;
- Fazer um levantamento dos principais sistemas de impermeabilização e suas técnicas construtivas;
- Identificar os conceitos que envolvem um projeto de impermeabilização, seus requisitos e escopo;
- Elaborar um projeto executivo para uma edificação vertical.
- Ilustrar os detalhes construtivos referentes a execução da impermeabilização;
- Proporcionar a escolha adequada do tipo de impermeabilização, assim como sua correta execução.

1.4 METODOLOGIA

Tendo em vista a relevância do tema para os profissionais da área da construção civil, os caminhos para a elaboração deste trabalho foram traçados

pensando no esclarecimento das dúvidas dos mesmos, de forma clara e acessível a todos os profissionais técnicos envolvidos nesse viés.

1.4.1 Seleção do objeto de estudo

Como objeto de estudo do trabalho foi selecionada uma obra com base nos pré-requisitos estabelecidos, sendo eles: Obra vertical, localizada no município de São Luís/MA, que possui diversas áreas a serem impermeabilizadas.

1.4.2 Análise do objeto de estudo

A realização desta etapa foi importante para garantir a viabilidade do projeto. Analisou-se cada um dos fatores condicionantes para a elaboração do projeto de impermeabilização, projetos existentes (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico e águas pluviais), tipo de impermeabilização adotado, mão de obra, prazos e materiais disponíveis.

1.4.3 Elaboração do projeto de impermeabilização

Nessa etapa foi elaborado o projeto de impermeabilização, contendo as diretrizes generalistas inerentes ao perfil da edificação objeto de estudo. O conteúdo do projeto de impermeabilização foi desenvolvido em conformidade com as normas técnicas brasileiras referentes ao tema, a fim de se promover a escolha técnica adequada da impermeabilização, que só se faz possível mediante o conhecimento técnico acerca dos sistemas e materiais de impermeabilização, bem como suas técnicas e detalhes construtivos. Sendo assim, como produto final do trabalho, tem-se o projeto executivo de impermeabilização, com as ilustrações dos detalhes construtivos em cada área do empreendimento objeto de estudo.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 UM BREVE HISTÓRICO

De acordo com Arantes (2007), os primeiros materiais utilizados com a finalidade de impermeabilizar foram os betuminosos: asfalto e alcatrão. Estes são conhecidos a mais de seis mil anos. O alcatrão era utilizado pelos romanos para tomar banho e também para proteger as estacas de madeira, por possuir características hidrofugantes (repele a água), por ser aglomerante, quimicamente inerte, e de fácil aplicação, já que é sensível ao aumento de temperatura. O petróleo era utilizado pelos egípcios para embalsamar os corpos, mas também era aplicado como elemento de liga nas construções de suas pirâmides.

Ainda segundo o mesmo autor, através da revolução industrial (século XIX) houve um grande avanço na área da impermeabilização. Até então a maioria das construções eram pequenas e possuíam o telhado com grandes inclinações. Porém, indústrias foram construídas com grandes vãos horizontais, o que ocasionava muitos vazamentos. Por isso passou-se a utilizar asfalto para impermeabilizar as lajes planas das indústrias na Inglaterra.

Na mesma época, teve-se conhecimento dos primeiros problemas ocasionados pelo efeito térmico sobre as estruturas. Sabe-se que no calor elas se expandem, e no frio se retraem o que pode ocasionar trincas e fissuras. Surgiram então, baseado na indústria têxtil, os primeiro estruturantes, com o objetivo de proporcionar proteção mecânica quando a estrutura encontra-se em serviço (ARANTES, 2007).

No século XX, com o avanço no desenvolvimento de polímeros sintéticos, surgiram materiais com características elásticas e desempenho semelhante ao feltro asfáltico, cuja execução é relativamente mais simples (ARANTES, 2007).

De acordo com Moraes (2002), no Brasil os primeiros serviços de impermeabilização que se tem conhecimento são os fortes ou fortalezas feitos pelos portugueses. Nessa época era comum o emprego de óleo de baleira como aditivo em argamassa de cal e areia, que era adicionado como plastificante, cujo objetivo era proteger as estruturas da percolação da água. De fato, segundo o autor, essa

técnica utilizada na época até hoje continua atendendo às necessidades da obra, ou seja, as estruturas continuam protegidas contra a percolação da água.

Segundo Schreiber (2012), apesar da sua grande importância, até os anos 1970 existiam poucas soluções de impermeabilização no mercado brasileiro. A partir da década de 70, com o início da construção do metrô de São Paulo e a chegada de grandes projetos de impermeabilização, passou-se a discutir a mesma como um item que necessita de normalização. Em 1975, surgiu a primeira norma brasileira de impermeabilização, criada por um grupo pioneiro e em função das obras do metrô de São Paulo. No mesmo ano, este grupo fundou o IBI — Instituto Brasileiro de Impermeabilização, com o objetivo de dar continuidade na criação das normas e também de difundir a importância da impermeabilização para as construções no Brasil.

2.2 UMIDADE EM EDIFICAÇÕES

A presença de umidade é um problema muito comum nas edificações, sendo causada pela absorção capilar dos materiais presentes na construção, tais como pilares, alvenaria, fundações, argamassa entre outros. Tal problema ocorre devido às características construtivas adotadas na arquitetura moderna e aos novos materiais e sistemas construtivos adotados nas últimas décadas (PEREZ, 1988).

A princípio, os problemas relacionados com a umidade podem parecer irrelevantes, porém se não houver o tratamento adequado podem se agravar. Segundo Souza (2008), como consequências futuras podem ocorrer:

- Prejuízos à funcionalidade da edificação;
- Desconforto dos usuários e em casos extremos os mesmos podem afetar a saúde dos moradores;
- Danos em equipamentos e bens presentes nos interiores das edificações;
- E diversos prejuízos financeiros.

O diagnóstico pode ser feito ainda durante a execução, se identificado alguma falha nas instalações hidráulicas e sanitárias ou na execução da impermeabilização. Os locais por onde a água pode infiltrar também merecem atenção, e como mostrado na tabela 1, são numerosos e alguns podem passar despercebidos.

Tabela 1 – Locais vulneráveis à infiltração da água

IFRA ESTRUTURA	Estacas, Blocos e Vigas Baldrame.
SUPRA ESTRUTURA	Paredes de alvenaria ou blocos de concreto, calhas não vedadas, rejuntes, paredes de divisa, pisos de concreto, telhas quebradas, lajes fissuradas, jardineiras, soleiras, janelas e portas mal vedadas, pisos molhados, etc.
OBRAS HIDRÁULICAS	Caixas de água, cisternas, reservatórios elevados, piscinas, etc.

Fonte: Adaptado de Moreira (2010).

2.2.1 Formas de infiltração

2.2.1.1 Por Ascensão capilar

O mecanismo de umidade ascendente se dá pelo contato direto do material de construção com umidade, muito comum em fachadas e regiões que estão em contato direto com o solo úmido. Nesses casos, a água penetra pelos canais capilares existentes no material de construção por meio da tensão superficial. Caso não seja eliminada por ventilação, a água alojada tende a ser transportada para cima, através da capilaridade (SOUZA, PASCOAL e BOASQUIVES, 2011).

A umidade proveniente do subsolo pode causar desagregação e manchas em tijolos e argamassas, pois contém sais perniciosos. Por isso, não é recomendado o contato direto desses materiais com o solo.

2.2.1.2 Por água de chuva

A água trazida pela chuva penetra na edificação por pressão hidrostática e percolação. Comumente presente em coberturas, paredes e lajes de terraços, é o agente mais comum para geração de umidade. Esse tipo de umidade geralmente é combatido com soluções mecânicas como, por exemplo, a troca de parte de um telhado que está gotejando, a vedação de uma esquadria que estava mal feita, etc. Porém existem casos em que a água infiltra nas paredes do terraço por percolação, uma vez que estas não foram impermeabilizadas ou o revestimento cerâmico não é

o adequado (alta porosidade), e ocasiona manchas no interior das mesmas (SCHÖNARDIE, 2009).

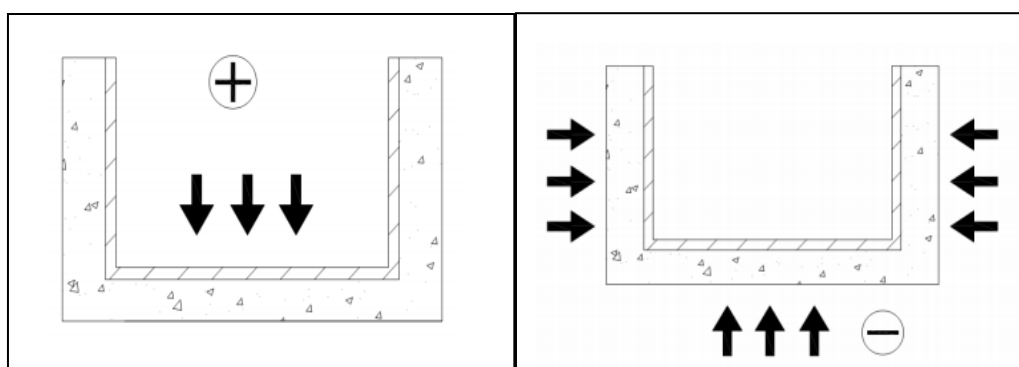
2.2.1.3 Por condensação

A umidade por condensação ocorre em superfícies expostas ao frio e ao calor, e em ambientes com pouca ventilação. Tem origem na condensação do vapor d'água presente no ambiente e se aloja na superfície de elementos construtivos. Isso acontece quando a temperatura superficial atinge o ponto de orvalho do ar. É muito comum em ambientes enterrados, onde a água condensa-se nas paredes e não há ventilação para secá-la. Neste caso pode haver a formação de mofo e bolor nas paredes e no forro do ambiente (SCHÖNARDIE, 2009).

2.2.1.4 Por pressão

Ocorre em lugares abaixo do nível da água, ou ainda em reservatórios e piscinas. A água de sob pressão pode ser confinada ou não, e exerce uma pressão superior a 1 kPa, podendo ser positiva ou negativa. A NBR 9575 (ABNT, 2010) define como água sob pressão negativa aquela que atua de forma inversa a impermeabilização, enquanto que a água sob pressão positiva atua de forma direta à impermeabilização, como pode ser observado na figura 1. Ainda, pode vir a sofrer pressão bilateral, ou seja, em ambas as faces.

Figura 1 – Água sob pressão positiva e negativa



Fonte: Soares (2014).

2.2.2 Soluções de problemas com a umidade

Quando o sistema de impermeabilização é inexistente ou insuficiente, a edificação fica exposta aos agentes da umidade. O ambiente pode se tornar insalubre, e inclusive ameaçar a saúde de seus usuários.

Em longo prazo é importante observar as manifestações patológicas. Dentre as mais comuns se tem as eflorescências, formação de bolores e mofo, ferrugem, danos à pintura e degradação do reboco. A tabela 2 relaciona os problemas e as soluções relacionadas com a umidade em cada parte de uma edificação.

Tabela 2– A umidade em cada área da edificação

FUNDAÇÕES	
Problemas	Soluções
Umidade ascendente com deterioração da argamassa de revestimento nos pés de paredes, podendo chegar até alturas > 1,00 m.	Impermeabilização rígida, como cristalizantes e argamassas poliméricas, ou flexível, como membranas de asfalto modificado com polímeros em solução ou mantas asfálticas.
Infiltração de água e inundação das áreas próximas.	
Insalubridade do ambiente.	
LAJES EM CONTATO COM O SOLO	
Problemas	Soluções
Umidade por capilaridade, causando deterioração de acabamentos, como madeiras, carpetes e pisos.	Internamente, impermeabilização rígida, como cristalizantes e argamassas poliméricas. Externamente, antes da concretagem do piso, sobre lastro de concreto magro ou solo regular e compactado, impermeabilizações pré-fabricadas, como mantas asfálticas com geotêxtil acoplado.
Destacamento e embolhamento de pisos de alta resistência, epoxídicos, poliuretânicos, etc.	
Insalubridade do ambiente.	

PILARES (ESTRUTURAS DE CONCRETO)	
Problemas	Soluções
Ataque as armaduras, com comprometimento da estrutura.	Os pilares recebem a mesma impermeabilização de pisos e paredes
PAREDES EM CONTATO COM O SOLO, CORTINAS E PAREDES-DIAFRAGMA	
Problemas	Soluções
Deterioração da argamassa de revestimento.	Internamente, impermeabilização rígida, como cristalizantes (somente para substratos maciços) e argamassas poliméricas. Externamente, impermeabilizações pré-fabricadas, como mantas asfálticas ou membranas moldadas no local à base de solução asfáltica modificada com polímeros, aplicadas a frio e estruturadas com tela industrial de poliéster.
Embolhamento e deterioração da pintura.	
Deterioração de móveis encostados nas paredes, quadros, revestimentos.	
Insalubridade do ambiente	
REVESTIMENTO DE ARGAMASSA	
Problemas	Soluções
Desagregação. A argamassa perde resistência e torna-se pulverulenta, destacando-se da superfície.	Normalmente os revestimentos são executados após a adoção de alguma impermeabilização aplicada diretamente na estrutura. Porém, quando a parede ou cortina for de alvenaria revestida, este revestimento deverá ser executado somente com cimento e areia, no traço de 1:3 a 1:4 e poderá ser impermeabilizado contra umidade de solo com argamassa polimérica pela face interna. Pela face externa, poderá receber impermeabilização elástica, como manta asfáltica ou membrana moldada no local à base de solução asfáltica modificada com polímeros, aplicada a frio e estruturada com tela industrial de poliéster. Importante: infiltrações do subsolo que afetam os acabamentos (argamassas e pinturas) revelam patologias que têm origem em outras áreas (fundações, pilares, lajes etc.). Portanto, o tratamento pontual do acabamento pode ser apenas paliativo e ocultar problema mais grave; o ideal é investigar as causas das patologias e tratá-las.
Eflorescências, mofo e bolor.	

PINTURA	
Problemas	Soluções
Embolhamento e destacamento	Refazer a pintura após impermeabilização da base, conforme as soluções propostas nos itens anteriores.
Eflorescências, mofo e bolor.	
CONCRETO APARENTE	
Problemas	Soluções
Comprometimento da estrutura	Pode ser tratado com sistemas rígidos, como argamassa polimérica e cristalizantes, ou flexíveis (mantas asfálticas, emulsões ou soluções asfálticas, etc.). A opção vai depender das particularidades de cada obra. Por exemplo: em um solo com umidade constante, lençol freático alto e pressão negativa, somente com acesso interno, é recomendado um sistema rígido. Caso seja possível rebaixar o lençol freático, pode-se optar por um sistema flexível aplicado externamente.
LAJES DE SUBSOLO (DO 1º PARA O 2º SUBSOLO)	
Problemas	Soluções
Oxidação das armaduras com comprometimento das estruturas no longo prazo.	São recomendadas, neste caso, mantas asfálticas, que, no entanto, exigem altura suficiente e proteção mecânica dimensionada para o trânsito de veículos. Existem também alguns sistemas compostos por membranas de uretano com adição de agregados que podem ser utilizados como acabamento final e impermeabilizante. Estes, porém, são muito mais caros que os tradicionalmente utilizados em nosso mercado e ainda não há tecnologia nacional, dependendo de produtos importados.

Fonte: Instituto Brasileiro de Impermeabilização – IBI (2017)

2.3 SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

A NBR 9575 (ABNT, 2010) define sistema de impermeabilização como “conjunto de produtos e serviços (insumos) dispostos em camadas ordenadas, destinado a conferir estanqueidade a uma construção”.

2.3.1 Princípios de funcionamento

Para garantir o funcionamento adequado de um sistema de impermeabilização é necessário que os seus componentes trabalhem em conjunto, para que não haja sobrecarga em algum elemento e este acabe assumindo as funções atribuídas ao conjunto, que são: formar uma base, impedir a passagem da água e garantir a durabilidade da estrutura. Desta forma, os sistemas de impermeabilização são constituídos basicamente por três processos (ARANTES, 2007):

- Processos preliminares: São aqueles que devem ser executados antes da impermeabilização. Trata-se do preparo da superfície de base;
- Processos impermeáveis: Execução da impermeabilização;
- Processos complementares: São os sistemas auxiliares e complementares executados após a impermeabilização com o objetivo de resistir às solicitações impostas ao sistema, e prolongar a vida útil do mesmo.

O desempenho do sistema dependerá da correta execução de cada etapa, pois cada uma funciona como anteparo da posterior. Muitos erros de impermeabilização decorrem na montagem incorreta do sistema, mesmo quando o impermeabilizante é de alto desempenho (ARANTES, 2007). A tabela 3 mostra o resumo dos processos, bem como seus elementos constituintes.

Tabela 3 – Etapas do processo de impermeabilização

PREPARO DA SUPERFÍCIE DE REGULARIZAÇÃO	Limpeza Geral
	Regularização: Declividade > 1% (NBR 9574:2008)
IMPERMEABILIZAÇÃO	Impermeabilização de acordo com o projeto
	Imprimação asfáltica: entre substratos e a manta
	Teste de estanqueidade: comprovar a eficiência
SISTEMAS AUXILIARES E COMPLEMENTARES	Camadas
	Proteções
	Tratamento de juntas

Fonte: Freire (2007).

a) Preparação da base e camada de regularização

A eficiência e durabilidade de um sistema de impermeabilização dependem, assim como qualquer revestimento, da superfície de aplicação. Segundo a NBR 9574 (ABNT, 2008), esta deve ser livre de protuberâncias e possuir textura e resistência compatível com o sistema adotado.

Para receber a impermeabilização, a superfície precisa estar regularizada e limpa, ou seja, livre de poeira, óleos ou graxas. Se a mesma possuir fissuras ou trincas, estas devem ser tratadas de forma compatível com o sistema impermeabilizante adotado. A figura 2 exemplifica o preparo da superfície.

Figura 2 – Preparo da superfície



Fonte: Freire, 2007.

É importante atentar para as argamassas de regularização, pois se estas possuírem traço fraco ou o se agregado utilizado conter matéria orgânica, a base tende a deteriorar-se com o tempo, danificando a impermeabilização. A NBR 9574 (ABNT, 2008) especifica que se deve utilizar argamassa de cimento e areia, sem aditivos, com traço volumétrico 1:3 e areia com granulometria de 0 mm a 3 mm.

b) Camada impermeável

Como já exposto, a camada de impermeabilização atua como um mecanismo de estanqueidade, protegendo o substrato da passagem do fluídos e vapores. O material e o sistema a serem utilizados devem ser expostos em projeto específico, assim como seus detalhes de aplicação. Os diferentes materiais e

sistemas, bem como suas particularidades e aplicações serão retratados no decorrer deste trabalho.

c) Sistemas auxiliares e complementares

A NBR 9575 (ABNT, 2010) especifica no item 4.3 alguns sistemas auxiliares que podem complementar a camada de impermeabilização, cujas funções são (FREIRE, 2007):

- Camada de imprimação: é um elemento de ligação entre o substrato e a manta;
- Camada-berço: Tem como função apoiar e proteger a camada impermeável contra agressões provenientes do substrato;
- Camada de amortecimento: Absorve e dissipa os esforços estáticos e dinâmicos atuantes sobre a camada impermeável, protegendo-a de danos causados por estes;
- Camada drenante: Facilita o escoamento de fluidos que atuam junto à camada impermeável;
- Camada separadora: Evita a aderência de outros materiais sobre a camada impermeável;
- Camada de proteção mecânica: Protegem contra os efeitos do meio ambiente danificam a impermeabilização. É o caso do ataque das raízes agressivas, vibração de um motor ligado à estrutura de um subsolo, entre outros. Recomenda-se o uso, também, para proteger a impermeabilização dos danos causados pela própria obra na instalação de revestimentos;
- Camada de proteção térmica: Reduzir as oscilações térmicas sobre as estruturas e sobre a impermeabilização, protegendo-a e aumentando sua vida útil, acarreta em economia de energia e aumento da vida útil dos componentes da edificação.

A NBR 9575 (ABNT, 2010) também especifica os materiais utilizados para cada um desses sistemas, como mostrado na tabela 4:

Tabela 4 – Sistemas auxiliares à impermeabilização

SISTEMA	MATERIAL UTILIZADO
CAMADA DE IMPRIMAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • solução; • emulsão; • cimentícias.
CAMADA-BERÇO	<ul style="list-style-type: none"> • adesivo elastomérico; • asfáltico; • geotêxtil de poliéster ou polipropileno; • manta asfáltica; • poliestireno expandido ou extrudado (E.P.S.).
CAMADA DE AMORTECIMENTO	<ul style="list-style-type: none"> • composta por areia, cimento e emulsão asfáltica; • geotêxtil de poliéster ou polipropileno; • emulsão asfáltica com borracha moída; • poliestireno expandido ou extrudado (E.P.S.).
CAMADA DRENANTE	<ul style="list-style-type: none"> • geotêxtil; • geocomposto; • polipropileno.
CAMADA SEPARADORA	<ul style="list-style-type: none"> • filme polietileno; • papel Kraft aplicado sobre camada geotêxtil; • papel Kraft betumado.
CAMADA DE PROTEÇÃO MECÂNICA	<ul style="list-style-type: none"> • argamassa; • concreto; • geotêxtil; • metal; • solo; • Agregado.
CAMADA DE PROTEÇÃO TÉRMICA	<ul style="list-style-type: none"> • concreto celular; • lã de rocha; • lã de vidro; • mineral expandido; • poliestireno; • poliuretano; • solo.

Fonte: Adaptado da NBR 9575 (ABNT, 2010).

Se tratando dos serviços auxiliares, a NBR 9575 (ABNT, 2010) especifica no item 4.2 a classificação segundo a sua função de cada um deles, assim como os materiais utilizados para tal fim, como ilustrado na tabela 5.

Tabela 5– Serviços auxiliares à impermeabilização

SERVIÇO	MATERIAL UTILIZADO
PREPARO DO SUBSTRATO	Conforme a NBR 9574
PREENCHIMENTO DE JUNTAS	<ul style="list-style-type: none"> • Cordão de poliestireno; • Cordão de polietileno; • Cordão de sisal; • Cordão de náilon; • Elemento de poliestireno; • Elemento de lã de vidro; • Elemento de lã de rocha; • Lâminas metálicas; • Mastiques asfálticos.
TRATAMENTO POR INSERÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Injeções de silicatos; • Injeções de resinas poliméricas; • Bloqueadores hidráulicos para tamponamento.
TRATAMENTO ESTANQUE DE JUNTAS	<ul style="list-style-type: none"> • Faixas de mantas asfálticas; • Faixas de mantas elastoméricas de poliisobutileno isopreno (I.I.R.); • Faixas de mantas elastoméricas de etilenopropilenodieno-monomêro (E.P.D.M.); • Perfil de policloropreno; • Perfil de policloreto de vinila (P.V.C.); • Selantes (mastiques); • Membrana elastomérica de poliisobutileno isopreno (I.I.R.), em solução estruturada.

Fonte: Adaptado da NBR 9575 (ABNT, 2010)

2.3.2 Classificação dos sistemas impermeabilizantes

Os sistemas de impermeabilização possuem diversas classificações, dependendo das diferenças de concepção, princípios de funcionamento, materiais adotados e técnicas de aplicação. Através dessas classificações obtêm-se bases

para comparação e avaliação dos sistemas existentes, o que facilita na escolha do sistema mais adequado.

Conforme Freire (2007), os sistemas de impermeabilização são classificados quanto à aderência, flexibilidade e execução, conforme ilustrado na tabela 6.

Tabela 6– Etapas do processo de impermeabilização

CLASSIFICAÇÃO	SISTEMAS DE IMPERMABILIZAÇÃO		
QUANTO À ADERENCIA	Aderente		
	Parcialmente aderente		
	Não aderente		
QUANTO À FLEXIBILIDADE	Rígido		
	Flexível		
	Semiflexível		
QUANTO À EXECUÇÃO	Moldado <i>in loco</i>	A frio	Pintura
			Aplicação de camadas
	A quente		
	Pré-fabricado		

Fonte: Adaptado de Freire (2007).

2.3.2.1 Classificação quanto à aderência

Quanto à aderência, os sistemas impermeabilizantes são classificados em aderentes, parcialmente aderentes e não aderentes.

Os sistemas de impermeabilização aderente são aqueles em que a camada impermeabilizante é aderida à base, seja por fusão do próprio material ou por colagem com adesivos, asfaltos quentes, ou maçarico (MORAES, 2002). Devido à aderência, a camada impermeabilizante fica sujeita às deformações do substrato, o que, conforme Picchi (1984 apud Souza e Melhado, 1998), pode gerar grandes deformações percentuais em determinados pontos.

Os sistemas parcialmente aderentes são aqueles aplicáveis nas partes construtivas, que possuem aderência em alguns pontos, como ralos e platibandas. Segundo Picchi (1984) apud Souza e Melhado (1998), nesses casos deve ser utilizada uma camada de separação entre a impermeabilização e seu suporte, fazendo com que os movimentos do suporte sejam transmitidos por toda a extensão

da impermeabilização, gerando uma pequena deformação percentual e consequentemente pequenas tensões.

Os sistemas não aderentes, também chamados de flutuantes, são aqueles que não são ligados ao substrato, o contato se dá apenas pelas superfícies verticais de arremate. Este tipo de sistema é aplicado a estruturas com grande deformabilidade.

2.3.2.2 Classificação quanto à flexibilidade

Quanto à flexibilidade há dois tipos de sistemas impermeabilizantes, os rígidos e os flexíveis. Alguns autores utilizam também uma terceira classificação, os semiflexíveis ou semirrígidos, porém esta não consta na NBR 9575:2010, e os materiais nessa classificação podem ser encaixados na categoria de rígidos ou flexíveis.

Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010), a impermeabilização rígida é definida como conjunto de materiais ou produtos que não possuem características de flexibilidade, portanto podem ser aplicáveis em partes construtivas que não estão sujeitas a movimentações do substrato.

Os impermeabilizantes rígidos são encontrados no mercado como argamassas industrializadas, produtos bicomponentes ou como aditivos para concretos e argamassas. Esses materiais são incorporados à estrutura e apresentam baixa porosidade e grande estanqueidade, desde que o processo de cura seja adequado. Podem também ser encontrados em forma de pintura, formando uma película impermeável (FERREIRA, 2012).

Freire (2007) acrescenta que esse sistema é utilizado em estruturas sujeitas a subpressões, em superfícies não expostas ao sol e não sujeitas a movimentações térmicas e vibração. Exemplificando os locais de aplicação, o autor cita os reservatórios, piscinas e caixas d'água enterradas, fundações, subsolos, pisos, paredes de encosta, entre outros.

Os principais materiais utilizados nos sistemas rígidos são os concretos impermeáveis (com ou sem aditivos), argamassas com aditivo hidrófugo, argamassas poliméricas, cimentos cristalizantes e cimento impermeabilizante de pega ultrarrápida.

A NBR 9575 (ABNT, 2010) define impermeabilização flexível como “conjunto de materiais ou produtos que apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas sujeitas à movimentação do elemento construtivo”.

Ao contrário da impermeabilização rígida, a impermeabilização flexível acompanha as movimentações do material de base, portanto é adequado para o uso em estruturas sujeitas à fissuração. Esse sistema é dividido em dois tipos, as moldadas no local (membranas) e as pré-fabricadas (mantas). Os principais locais de aplicações são: pilotis expostos ao sol, terraços, base de torre de refrigeração, juntas de dilatação etc. (FREIRE, 2007).

A tabela 7 apresenta um resumo das características dos sistemas rígidos e dos flexíveis, para a simplificação do entendimento.

Tabela 7– características dos sistemas de impermeabilização

	Rígidos	Flexíveis
Aplicações indicadas	Sua principal utilização ocorre em fundações, pisos internos em contato com o solo, contenções e piscinas enterradas.	São mais utilizados em lajes de térreo e cobertura, banheiros, cozinhas, terraços e reservatórios elevados.
Como são vendidos	Como aditivo químico para argamassa ou como argamassa industrializada. Também são encontradas misturas aplicadas em forma de pintura, formando um revestimento impermeável.	Na forma de mantas, aderidas ou não à estrutura. Também fazem parte desse grupo misturas moldadas no local, que, depois de secas, formam uma membrana elástica protetora.
Exemplos	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassas impermeabilizantes • Cimentos poliméricos • Cristalizantes • Resinas epóxi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantas asfálticas • Membranas asfálticas moldadas no local (a quente ou a frio). • Mantas de PEAD, PVC, EPDM. • Membranas de poliuretano, poliureia, resinas acrílicas, etc.

Fonte: Adaptado de Ferreira (2012).

2.3.2.3 Classificação quanto ao método executivo

a) Moldados *in loco*

Os sistemas impermeabilizantes moldados *in loco* compreendem a utilização de membranas, que podem ser ou não estruturadas. Segundo Moraes (2002), as

membranas são materiais seguros, de baixo custo e fácil aplicação, pois a técnica de execução é simples e não requer o uso de ferramentas especiais.

As membranas são produtos aplicados em camadas, por isso deve-se fazer o controle da espessura, portanto da quantidade de produto aplicado por metro quadrado. Essa aplicação pode ser a quente (a base de asfaltos oxidados) ou a frio (a base de água, a base de solvente ou sem solvente).

Na impermeabilização a frio são aplicadas várias camadas de material impermeabilizante, até que o mesmo forme uma membrana impermeável, sem emendas. O tempo de secagem das camadas deve ser respeitado, caso contrário pode ocorrer a formação de bolhas. A aplicação pode ser observada na figura 3.

Figura 3 – Aplicação de emulsão asfáltica a frio



Fonte: Rocha (2011)

Segundo Soares (2014), a necessidade de controle tecnológico do rendimento e da espessura faz com que, muitas das vezes, se dê preferência aos sistemas pré-fabricados, já que a qualidade do serviço depende muito da qualidade do produto e da mão de obra. Entretanto o mesmo destaca que, em casos onde há muitas interferências as mantas precisariam ser recortadas, desta forma aumenta a probabilidade da ocorrência de falhas. Portanto uma vantagem das membranas é

que as mesmas não possuem emendas, e por serem moldáveis torna mais fácil execução, pois evita as ementas que teria se fossem utilizadas mantas.

b) Pré-fabricados

Os sistemas pré-fabricados compreendem a utilização de mantas, que são materiais obtidos por processos industriais, como extensão ou calandragem. Para aplicação na obra, as mantas devem ser estendidas e unidas por meio de colagem ou soldagem, que pode ser com uso de solventes ou a quente (figura 4).

Figura 4 – Aplicação a quente de manta asfáltica



Fonte: Programa Construmix (2012)

Os tipos mais de mantas mais usados são:

- Manta asfáltica;
- Manta polimérica sintética (manta elastomérica — Butil e EPDM);
- Manta termoplástica.

Quando comparadas aos sistemas impermeabilizantes moldados *in loco* os pré-fabricados apresentam diversas vantagens, como apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Quadro comparativo entre mantas e membranas

MANTAS	MEMBRANAS
Espessura constante	Variação de espessura, podendo comprometer a eficiência da impermeabilização
Fácil controle e fiscalização de impermeabilização	Dificuldade de controle e fiscalização, quer pelo consumo, número de demãos, adulteração do produto, etc
Aplicação do sistema em uma única vez	Aplicação em várias camadas sujeitas às intempéries e interferência
Não é necessário aguardar secagem	Aguardar secagem entre as camadas, pois podem surgir bolhas, caso o tempo de secagem não seja cumprido
Existência de armadura em toda a superfície uniformemente	Possibilidade de haver desalinhamento na armadura, acarretando desempenho variável
Menor tempo de aplicação (menor mão-de-obra)	Sensível gasto de tempo e mão-de-obra, acarretando maior custo
Menor suscetibilidade de erros de aplicação	Maior ocorrência de erros de aplicação, devido às diversas variáveis e suas complexidades
Adequa-se melhor ao cronograma de obras, gerando menos transtorno, liberação rápida da área para utilização	Dificuldade na adaptação ao cronograma de obras, ficando a área por mais tempo interdita, podendo ocorrer danos por terceiros

Fonte: Araújo (2003).

2.4 PRINCIPAIS MATERIAIS IMPERMEABILIZANTES

O mercado dos materiais impermeabilizantes tem crescido muito nos últimos anos, e hoje conta com uma grande variedade de soluções. Contudo, é preciso estar

bem informado sobre as características dos materiais para realizar um bom projeto de impermeabilização, caso contrário tal variedade poderá levar a decisões equivocadas por parte do projetista.

A NBR 9574 (ABNT, 2008) considera os seguintes materiais para impermeabilização:

Tabela 9 – Materiais impermeabilizantes

Impermeabilização rígida	Impermeabilização flexível
<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo • Argamassa modificada com polímero • Argamassa polimérica • Cimento cristalizante para pressão negativa • Cimento modificado com polímero • Membrana epoxídica 	<ul style="list-style-type: none"> • Membrana de asfalto modificado sem adição de polímero • Membrana de asfalto modificado com adição de polímero • Membrana de emulsão asfáltica • Membrana de asfalto elastomérico em solução • Membrana elastomérica de policloropreno e polietileno • Membrana elastomérica de polisobutileno isopreno (I.I.R), em solução • Membrana elastomérica de estireno-butadieno-estireno (S.B.S) • Membrana elastomérica de estireno-butadieno-ruber (S.B.R.) • Membrana de poliuretano • Membrana de poliuretano modificado com asfalto • Membrana de polímero com cimento • Membrana acrílica • Mantas asfálticas • Manta de policloreto de vinila (PVC) • Manta de polietileno de alta densidade (PEAD) • Manta elastomérica de etileno-dieno-monômero – EPDM • Manta elastomérica de poliisobutileno isopreno (IIR).

Fonte: NBR 9574 (ABNT, 2008)

A seguir serão retratados os materiais impermeabilizantes mais utilizados na construção civil nacional.

2.4.1 Argamassa com aditivo hidrófugo

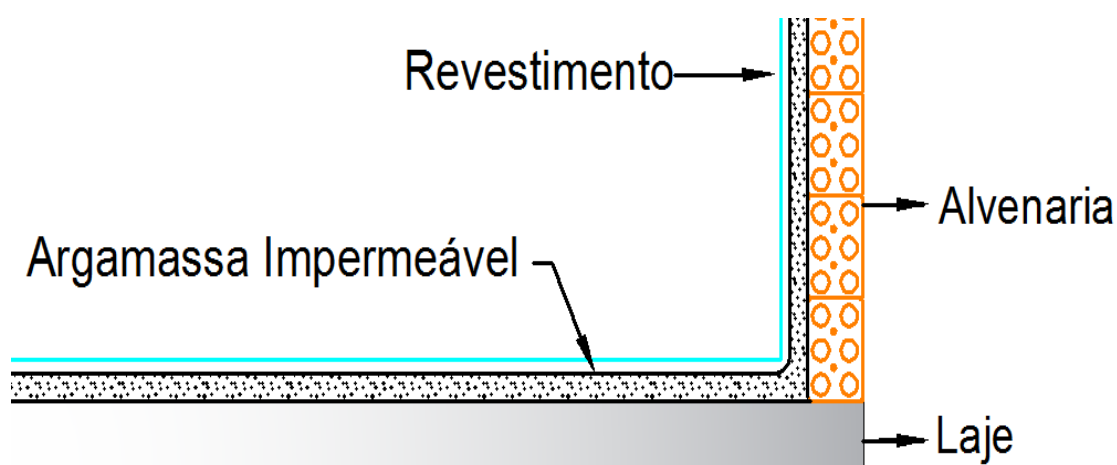
São argamassas de cimento e areia que recebem aditivos hidrófugos (repelem a água) à sua mistura, adquirindo propriedade impermeabilizante. Podem ser aplicadas em locais não sujeito à trincas e fissuração, no emboço de revestimento de baldrame e paredes e no assentamento de alvenarias em contato com o solo (FERREIRA, 2012).

Os sistemas de argamassas impermeabilizantes são os que necessitam de menos camadas intermediárias, pois podem ser aplicadas diretamente na camada

de base, e pode-se aplicar diretamente nela o revestimento final. Não necessita camada de separação superior e proteção mecânica, pois seu acabamento pode ser regularizado (STAHLBERG, 2010).

A figura 5 representa uma laje impermeabilizada com argamassa impermeabilizante.

Figura 5 – Laje impermeabilizada com argamassa impermeável.



Fonte: Próprio autor, 2018.

A utilização de aditivos hidrófugos em argamassa é uma metodologia simples e de baixo custo para combater infiltrações. Todavia, é de fundamental importância que a impermeabilização deve ser feita durante a obra, para diminuir os potenciais danos causados pela umidade.

2.4.2 Argamassas e cimentos poliméricos

São produtos industrializados, compostos por dois materiais, uma parte em pó, composta por cimento, areia e agregados minerais, e outra parte líquida, composta por polímeros, que garantem flexibilidade ao conjunto (CICHINELLE, 2012).

Devem atender as normas NBR 11.905:1992 - Sistema de Impermeabilização Composto por Cimento Impermeabilizante e Polímeros e NBR 15.885:2010 - Membrana de Polímero Acrílico com e sem Cimento, para Impermeabilização.

As argamassas e cimentos poliméricos têm propriedades e aplicações variáveis, de acordo com a quantidade de resinas em sua composição, quanto maior, mais flexível o sistema se torna. A figura abaixo mostra um banheiro impermeabilizado com argamassa polimérica.

Figura 6 – Box de banheiro impermeabilizado com argamassa polimérica



Fonte: Habitíssimo, 2018.

Os sistemas mais rígidos são melhores para resistirem a pressões negativas, ou seja, quando a água atua do lado oposto da impermeabilização, enquanto os mais flexíveis são melhores para resistir pressões positivas, quando a água atua no sentido a pressionar a impermeabilização (CICHINELLE, 2012).

Por ser um sistema semiflexível, que resiste tanto a pressões positivas, quanto negativas, as argamassas e cimentos poliméricos são muito utilizados em reservatórios enterrados. Além disso, conservam a potabilidade da água e funcionam como uma barreira para sulfatos e cloretos (SOARES, 2014).

Podem ainda ser aplicados em subsolos, cortinas, poços de elevadores, muros de arrimos, baldrames e fundações, paredes internas e externas, pisos frios em contato com o solo, banheiros, cozinhas, lavanderias e áreas frias, piscinas de concreto enterradas e estruturas sujeitas à infiltrações do lençol freático (IBI, 2018).

2.4.3 Cristalizantes

Segundo Cichinelle (2012), cristalizantes são compostos químicos que, ao entrar em contato com a água de infiltração, cristalizam-se formando uma barreira impermeável, resistente à pressões negativas. É utilizado para conter infiltrações localizadas e impermeabilizar grandes estruturas de concreto.

De acordo com Soares (2014), os cimentos cristalizantes podem ser utilizados em estruturas que não sofrem movimentações, como estações de tratamento de água (ETA), reservatórios, pisos frios ou em contato direto com o solo.

Os cristalizantes podem ser encontrados na forma de cimentos de pega ultrarrápida, que podem ser utilizados para tamponamento de jorro de água, porém apenas como medida temporária, que posteriormente deve receber uma impermeabilização com argamassa polimérica (CICHINELLE, 2012).

Existem também produtos cristalizantes compostos por cimento, sílica e compostos químicos ativos, que reagem com o concreto fresco, formando cristais insolúveis que preenchem os poros capilares da estrutura de concreto (CICHINELLE, 2012).

2.4.4 Membranas

Membranas são sistemas impermeabilizantes flexíveis moldados *in loco*, obtidos pela aplicação de várias camadas de material líquido, que, depois de seco, se torna uma membrana impermeável. Segundo Ferreira (2012), as mesmas são indicadas para áreas menores ou de acesso complicado, onde o uso de mantas asfálticas é contraindicado.

A principal vantagem desse sistema é que o mesmo não apresenta emendas, que no caso das mantas pré-fabricadas é onde apresenta maior chance de falhas (SOARES, 2014). Uma desvantagem desse sistema é a exigência de um controle rígido da espessura, pois a eficiência do mesmo depende da quantidade de produto aplicada por área.

Existem vários materiais que podem ser usados como membranas impermeabilizantes, com características próprias de resistência, durabilidade,

flexibilidade e forma de aplicação. Na tabela 10 estão descritos os principais tipos de membranas e suas aplicações, de acordo com Ferreira (2012).

Tabela 10 – Principais tipos de membranas impermeabilizantes

Produto	Características	Aplicações indicadas
Asfaltos moldados a quente	É o sistema mais tradicional no Brasil, utilizado desde o início da impermeabilização de edificações no País. Consiste da moldagem de uma membrana impermeabilizante por meio de sucessivas demãos de asfalto derretido intercaladas com telas ou mantas estruturantes. Ideal para áreas de pequenas dimensões e lajes médias ou com recortes. A produtividade da aplicação é baixa.	Cozinhas, banheiros, áreas de serviço, lajes de cobertura, terraços, tanques, piscinas, reservatórios, etc.
Soluções e emulsões asfáltica	Produtos compostos por misturas de asfalto, modificadas ou não por polímeros, em água ou solvente. São aplicados a frio como primers ou como impermeabilização de áreas molháveis internas, estrutura com telas. O tempo de cura costuma ser maior em comparação com os demais sistemas impermeabilizantes.	Principalmente como pintura de ligação, e como impermeabilizante em pequenas lajes, banheiros, cozinhas, áreas de serviço e floreiras.
Membranas de poliuretano	Impermeabilizante bicomponente aplicado a frio, com grande estabilidade química, aderência a diversos tipos de superfícies, elasticidade e resistência a altas temperaturas. Suas características o credenciam para aplicação em ambientes mais agressivos.	Lajes e áreas molháveis, tanques de efluentes industriais e esgotos, reservatórios de água potável.
Membrana poliureia	Revestimento aplicado a spray com equipamento de pulverização. Indicado para áreas onde a velocidade de liberação de área é crítica, já que sua cura é muito rápida (da ordem de minutos). Depois de aplicado, tem grande elasticidade e resistência química e mecânica.	Pisos industriais, revestimentos internos de tanques, tanques de tratamento de água e efluentes, piscinas, lajes e telhados.
Membrana acrílica	É formado por resina acrílica normalmente dispersa em água, executada com diversas demãos intercaladas por estruturante. Resistente aos raios solares (ultravioleta), deve ser aplicada em superfícies exposta e não transitáveis. Deve ainda, ser usada em áreas mais inclinadas (maior que 2%), para que a água não se acumule sobre a superfície e danifique o sistema.	Sheds, coberturas inclinadas, abóbodas, telhas pré-moldadas ou equivalentes.
Resina termoplástica	As resinas termoplásticas são impermeabilizantes flexíveis bicomponentes, compostas por uma parte líquida (resina acrílica) e outra em pó (cimento aditivado). Misturados, formam uma pasta que é aplicada com broxa em várias demãos, estruturadas ou não com telas de poliéster. Não resiste à pressão negativa da água (a partir da parede).	Piscinas, reservatórios de água potável, pisos frios e rodapés de paredes de drywall.

Fonte: Ferreira, 2012.

Nas figuras 7 e 8 tem-se a utilização de membrana acrílica e de poliuretano em lajes de cobertura.

Figura 7 – Laje impermeabilizada com membrana acrílica



Fonte: Acqua, 2018.

Figura 8 – Laje impermeabilizada com membrana de poliuretano



Fonte: Copras, 2016.

2.4.5 Mantas

As mantas constituem um sistema pré-fabricado flexível, pois são feitas de ligas elásticas e flexíveis capazes de se adaptar a locais sujeitos a movimentações e vibrações. Algumas formulações também são resistentes a raios ultravioletas e ataques químicos (FERREIRA, 2012).

De acordo com Souza, Pascoal e Boasquives (2011), para uma escolha adequada, é necessário observar características e o desempenho que a manta vai ter na obra, alguns deles são:

- Resistência ao envelhecimento;
- Flexibilidade à baixa temperatura (<0°C);
- Resistência ao ataque de micro-organismos, aos álcalis e aos ácidos dissolvidos nas águas pluviais;
- Resistência ao puncionamento dinâmico e estático, conforme as condições que a manta terá que suportar durante a execução e durante o uso;
- Resistência ao calor e ao escorrimento;
- Absorção de água e estanqueidade sob pressão;
- Possibilidade de efetuarem-se emendas entre as mantas com facilidade.

Segundo Schreiber (2012), esse tipo de sistema impermeabilizante possui espessuras definidas e controladas por processos industriais, e geralmente pode ser aplicados em uma única camada, o que acelera o processo de execução e reduz custos com mão de obra. São os mais utilizados no Brasil na impermeabilização de coberturas, solos, jardins e canais de irrigação.

Existe uma grande variedade de mantas no mercado, porém as mantas poliméricas de PVC e as mantas asfálticas se destacam pela simplicidade de aplicação e custos reduzidos. A NBR 9574 (ABNT, 2008) aborda os seguintes tipos de mantas para impermeabilização:

- Mantas asfálticas;
- Manta de policloreto de vinila (PVC);
- Manta de polietileno de alta densidade (PEAD);
- Manta elastomérica de etileno-dieno-monômero – EPDM;
- Manta elastomérica de poliisobutileno isopreno (IIR).

Conforme Ferreira (2012), as mantas podem ser fabricadas à base de diferentes materiais sintéticos, como PEAD, PVC, TPO, EPDM, etc. As características de cada um desses materiais estão descritas na tabela 11.

Tabela 11 – Características e aplicações das mantas impermeabilizantes.

Material	Características	Aplicações
PEAD	As geomembranas de polietileno de alta densidade (PEAD) têm em sua composição cerca de 97,5% de polietileno virgem e 2,5% de fuligem (negro de fumo), responsável pela resistência aos raios ultravioleta. Também contém adições de substâncias químicas que aumentam a resistência do produto a intempéries, ao calor e à degradação.	Aterros sanitários, lagoas de rejeitos industriais, tanques de Estações de Tratamento de Esgoto, lagos artificiais e tanques de criação de peixes.
EPDM	O etileno-propileno-dieno-monômero (EPDM) é um tipo de borracha que pode ser bastante esticada. Isso permite que a geomembrana feita com o material se molde a praticamente qualquer tipo de superfície. O material também é usado na fabricação de mantas para coberturas, com fixação mecânica ou aderida.	Reservatórios, lagos artificiais e tanques de criação de peixes, canais de irrigação (geomembranas); coberturas (mantas).
PVC	As mantas de PVC podem ser empregadas na impermeabilização de estruturas de concreto (túneis, lajes, subsolo, etc.) e coberturas. As mantas desenvolvidas para coberturas são resistentes aos raios solares e podem ficar expostas às intempéries. Também há mantas resistentes a penetração de raízes e micro-organismos.	Túneis, subsolos, fundações, telhados e coberturas
TPO	Essas membranas são fabricadas com material termoplástico flexível reforçado com uma malha de poliéster. Têm grande resistência a rasgos, perfurações, bactérias, raios solares e ações climáticas.	Coberturas.

Fonte: Ferreira, 2012.

As geomembranas de PEAD e EPDM são mais indicadas para obras de grande porte, como aterros sanitários, lagos superficiais e tanques. Além de promover a impermeabilização, elas possuem a função de preservar o meio ambiente, pois criam uma barreira física que impede a contaminação do solo e de lençóis freáticos. As mantas de EPDM, bem como as de PVD e TPO, também são utilizadas em obras de edificações, principalmente em coberturas (FERREIRA, 2012).

Segundo Soares (2014), as mantas asfálticas são os produtos impermeabilizantes mais comumente utilizados no Brasil, devido ao conhecimento da aplicação pela mão de obra e a disponibilidade do material. Gabrioli e Tomaz (2002) descrevem as mantas asfálticas como sendo: “(...) produtos impermeabilizantes pré-fabricados, à base de asfalto modificado com polímeros, estruturadas com filme de polietileno, véu de fibra de vidro ou não-tecido de filamentos contínuos de poliéster”.

Os tipos de mantas asfálticas podem variar de acordo com sua composição, estruturante interno, acabamento externo e espessura (RIGHI, 2009). Para a

escolha adequada, é importante levar em consideração as dimensões da área a ser impermeabilizada, tipo de estrutura, assim como o tempo de vida útil desejado ao sistema, pois em alguns casos é recomendado a utilização de dupla camada (PEZZOLO, 2007).

As mantas asfálticas possuem as seguintes vantagens e desvantagens:

Tabela 12 – Vantagens e desvantagens das mantas asfálticas

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Rapidez na execução • Baixo custo • Maior garantia • Ótimo isolante térmico • Alta resistência e flexibilidade • Algumas mantas podem ser autoprotegidas 	<ul style="list-style-type: none"> • Mão de obra especializada • Elevadas temperaturas na execução, uso de maçarico • A maioria das mantas requer proteção mecânica e térmica • Torne-se rígida e quebradiça quando envelhecidas • Requer aderência ao substrato • Não indicada para pequenas áreas

Fonte: Pinheiro, 2014.

3 PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Como já relatado anteriormente, a ausência de um projeto de impermeabilização é um dos principais causadores de problemas relacionados com umidade em edificações.

Segundo Picchi (1986) apud Schreiber (2012), a falta de um projeto específico de impermeabilização pode ocasionar em uma série de improvisos na obra, o que pode encarecer a mesma com soluções que não são satisfatórias, e pode ainda ocasionar diversos problemas de contratação e de definição de responsabilidades das partes envolvidas, o projetista, executor a obra, executor da impermeabilização etc. O autor também destaca que os custos com o projeto são muito menores que os gastos poderão surgir com eventuais desperdícios, reparos e danos ocasionados pela ausência do mesmo.

Conforme a NBR 9575 (ABNT, 2010), projeto de impermeabilização é o conjunto de informações gráficas e descritivas cuja função é definir completamente as características de todos os sistemas de impermeabilização empregados em uma dada construção, com o objetivo de orientar a correta execução dos mesmos.

Na visão de Mello (2005), a função de um projeto de impermeabilização é elaborar, analisar, planificar, detalhar, discriminar e adotar todas as metodologias adequadas para garantir o bom funcionamento da impermeabilização, de forma que os sistemas impermeabilizantes adotados sejam compatíveis com a concepção da edificação.

Para a elaboração de um projeto de impermeabilização é ideal que o estudo se inicie juntamente com a elaboração do projeto arquitetônico, assim, alguns conceitos básicos podem ser adotados no início do estudo, como (ISCHAKEWITSH apud RIGHI, 2009):

- Posicionamento da camada de impermeabilização na composição do sistema;
- Previsão dos acabamentos e terminações para possibilitar manutenção futura;
- Vantagens que outros projetos vão adquirir com o correto dimensionamento e posicionamento da impermeabilização;
- Vantagens para o projeto hidrossanitário, devido à distribuição mais racional e compatibilizada dos pontos de escoamentos e calhas.

3.1 REQUISITOS GERAIS SEGUNDO A NBR 9575:2010

Conforme a NBR 9575 (ABNT, 2010) o projeto de impermeabilização deve ser desenvolvido e compatibilizado em conjunto com os demais projetos existentes (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, revestimento, entre outros), de modo que sejam previstas as solicitações de cargas, ensaios, dimensões e detalhes construtivos. A norma ainda expõe que a impermeabilização deve ser projetada de forma a atender aos seguintes requisitos:

- Evitar a passagem de fluidos e vapores nas construções, nas partes que necessitem de estanqueidade, podendo ser integradas ou não a outros sistemas construtivos, desde que sejam observadas as normas específicas de desempenho que proporcionem as mesmas condições de estanqueidade.
- Proteger os elementos e componentes construtivos expostos ao intemperismo, contra a ação de agentes agressivos presentes na atmosfera;
- Proteger o meio ambiente de agentes contaminantes por meio da utilização de sistemas de impermeabilização;
- Possibilitar sempre que possível acesso à impermeabilização, com o mínimo de intervenção nos revestimentos sobrepostos a ela, de modo a ser evitada, tão logo seja percebido falhas do sistema impermeável, a degradação das estruturas e componentes construtivos.

A NBR 9575 (ABNT, 2010) divide o projeto de impermeabilização em 3 fases, conforme a tabela 13.

Tabela 13 – Etapas do Projeto de impermeabilização

FASE	ETAPAS
ESTUDO PRELIMINAR	Relatório contendo a qualificação das áreas;
	Planilha contemplando os tipos de impermeabilização aplicáveis ao empreendimento, de acordo com os conceitos do projetista e incorporador contratante.
PROJETO BÁSICO	Definição das áreas a serem impermeabilizadas e equacionamento das interferências existentes entre todos os elementos e componentes construtivos;
	Definição dos sistemas de impermeabilização;
	Planilha de levantamento quantitativo;
	Estudo de desempenho;
	Estimativa de custos.

PROJETO EXECUTIVO	Plantas de localização e identificação das impermeabilizações, bem como dos locais de detalhamento construtivo;
	Detalhes específicos e genéricos que descrevam graficamente todas as soluções de impermeabilização;
	Detalhes construtivos que descrevam graficamente as soluções adotadas no projeto de arquitetura;
	Memorial descritivo de materiais e camadas de impermeabilização;
	Memorial descritivo de procedimentos de execução;
	Planilha de quantitativos de materiais e serviços.

Fonte: adaptado da NBR 9575 (ABNT, 2010)

O projeto executivo pode ainda conter os seguintes projetos complementares, segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010):

- Metodologia para controle e inspeção dos serviços;
- Metodologia para controle e inspeção dos ensaios tecnológicos de produtos especificados;
- Diretrizes para elaboração de manual de uso, operação e manutenção.

3.2 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

A escolha do tipo de impermeabilização depende, entre outros fatores, do tipo de estrutura a ser impermeabilizada. Através do conhecimento das cargas atuantes na estrutura (laje de concreto armado, laje nervurada, protendida, alvenaria estrutural etc.), pode-se prever o desempenho necessário para o sistema impermeabilizante (ARANTES, 2007).

Os fatores (tipo de estruturas e cargas atuantes) podem indicar que a estrutura sofre uma determinada deformação, que poderá exigir um maior desempenho quanto à elasticidade, flexibilidade e resistência a fadiga da impermeabilização, levando a escolha de um produto adequado (MELLO, 2005).

No item 6.3 da NBR 9575 (ABNT, 2010), está especificado que o sistema de impermeabilização deve atender a uma ou mais das seguintes exigências:

- Resistir aos carregamentos estáticos e dinâmicos impostos à impermeabilização (puncionamento, fendilhamento, ruptura por tração, desgaste, descolamento e esmagamento);
- Resistir aos movimentos de dilatação e retração do substrato e do revestimento, devido à variações térmicas;

- Resistir à degradação devido à variações climáticas, térmicas, químicas, físicas ou biológicas;
- Resistir à pressão hidrostática oriunda de coluna d'água, percolação, umidade do solo, ou descolamento ocasionado pela perda de aderência.
- Possuir características de flexibilidade, aderência, resistência, e estabilidade físico-mecânica compatível com os demais projetos;
- Resistir ao ataque e agressão devido à raízes de plantas ornamentais.

Segundo Souza e Melhado (1998), as seguintes informações devem estar contidas no projeto de impermeabilização:

- Os sistemas a serem adotados em cada uma das áreas;
- A espessura total do sistema de impermeabilização (incluindo-se a regularização);
- As alturas e espessuras necessárias dos eventuais rebaixos necessários na alvenaria para a execução dos rodapés;
- Desníveis necessários para a laje;
- Corte típico de cada sistema a ser empregado, identificando as camadas e suas respectivas espessuras mínimas e declividades;
- Lista com os pontos críticos dos demais projetos que possam comprometer o sistema de impermeabilização, juntamente com as justificativas e as alterações propostas.

3.3 SELEÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Atualmente o mercado conta com uma série de opções para impermeabilização, por isso, é necessário avaliar as condições de contorno (local de aplicação, tipo de solicitação) para cada caso, a fim de promover uma escolha adequada (OLIVEIRA, 2015).

Segundo Souza e Melhado (1998), o sistema de impermeabilização deve possuir as seguintes diretrizes:

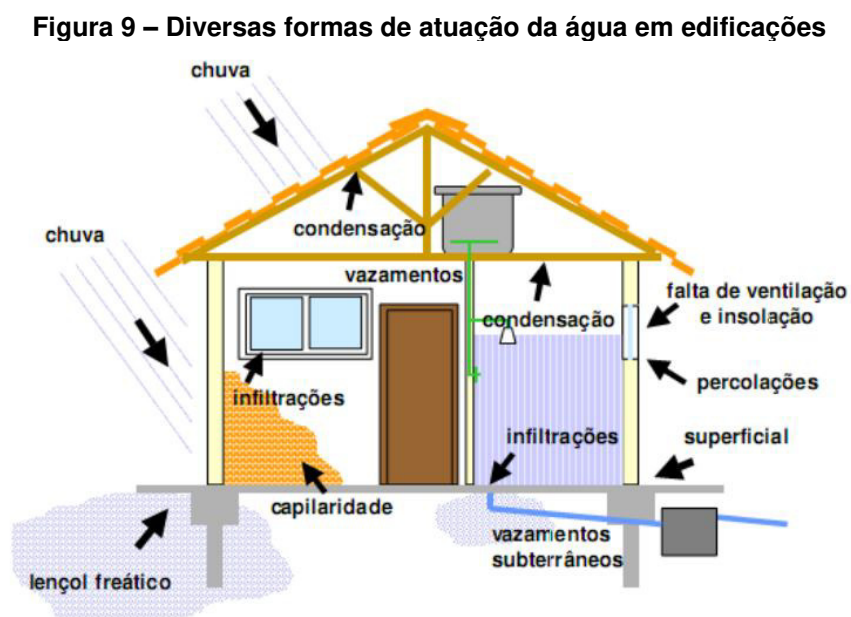
- Atender aos requisitos de desempenho.
- A máxima racionalização construtiva.
- A adequação do sistema de impermeabilização aos demais subsistemas, elementos e componentes do edifício.

- Custo compatível com o empreendimento.
- Durabilidade do sistema.

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), a escolha do tipo adequado de impermeabilização deve ser determinado segundo a solicitação imposta pelo fluido pelas partes construtivas que precisam de estanqueidade. A solicitação pode ocorrer das seguintes formas¹ (ABNT, 2010):

- Imposta pela água de percolação;
- Imposta pela água de condensação;
- Imposta pela umidade do solo;
- Imposta pelo fluido sob pressão unilateral ou bi lateral.

A figura abaixo simplifica o entendimento sobre as formas de atuação da água nas edificações.



Fonte: Casa d'água, 2018.

Além da influência do tipo de solicitação imposta pela água, a impermeabilização deverá levar em conta o tipo da estrutura, o tipo de substrato, se o local encontra-se ou não exposto às intempéries (COLETI, 2017). Segundo Righi

¹ Os itens de a, b, c e d foram detalhados na sessão 2.2.1 deste trabalho.

(2009), outro fator a ser levado em consideração é a existência de muitas interferências na área a ser impermeabilizada.

3.4 DETALHES CONSTRUTIVOS

A maioria das patologias nos sistemas de impermeabilização decorre de falhas construtivas, que ocorrem principalmente em ralos, juntas de dilatação, mudança de planos e passagem de tubulações. Por isso é importante que os detalhes construtivos estejam bem executados, garantindo estanqueidade aos pontos críticos (SOARES, 2014).

A NBR 9575 (ABNT, 2010) prescreve uma relação com os detalhes construtivos que o projeto de impermeabilização deve conter, evitando o improvisado na hora da execução, conforme pode ser observado na tabela 14.

Tabela 14 – Detalhes construtivos para projetos de impermeabilização

Substrato	<ul style="list-style-type: none"> • A inclinação das áreas horizontais deve ser no mínimo de 1% em direção aos coletores de água. • Para calhas e áreas internas é permitido o mínimo de 0,5%. • Nos planos verticais, prever encaixe para embutir a impermeabilização 20 cm acima do piso acabado. • Deve existir diferença de nível de no mínimo 6 % entre áreas externas e internas. • Os arremates dos caixilhos, contramarcos, batentes e outros elementos devem estar adequados com o tipo de impermeabilização. • Todo ponto de encontro entre o plano horizontal e vertical deve possuir arremates específicos da impermeabilização. • Os planos verticais a serem impermeabilizados devem ser executados com elementos rigidamente solidarizados às estruturas, até a cota final de arremate da impermeabilização, prevendo reforços necessários. • As arestas e os cantos vivos das áreas a serem impermeabilizadas devem ser arredondados sempre que a impermeabilização assim requerer
Coletores de água (ralos)	<ul style="list-style-type: none"> • Possuir diâmetro nominal de no mínimo 75 mm • Devem estar fixados a estrutura
Tubos emergentes ou passantes	<ul style="list-style-type: none"> • Os tubos passantes que atravessam a impermeabilização devem ser fixados na estrutura e possuir detalhes específicos de arremate e reforços da impermeabilização; • As tubulações hidráulica, elétrica, de gás (e outras) devem ser executadas sobre a impermeabilização e nunca sob ela. E quando aparentes, devem ser executadas no mínimo 10 cm acima do nível do piso acabado, depois de terminada a impermeabilização e seus complementos; • Quando embutida na alvenaria, deve ser prevista proteção adequada para a fixação da impermeabilização; • Quando forem externas à parede, devem estar afastadas no mínimo 10 cm entre elas ou entre os planos verticais;
Proteção	<ul style="list-style-type: none"> • As proteções mecânicas, bem como os pisos posteriores, devem possuir

mecânica e pisos posteriores	juntas de retração e trabalho térmico preenchidos com materiais deformáveis, principalmente no encontro de diferentes planos;
Juntas de dilatação	<ul style="list-style-type: none">• Devem ser divisores de água, com cota mais elevada no nivelamento do caimento;• Deve ser previsto detalhamento específico, principalmente quanto ao rebatimento de sua abertura na proteção mecânica e nos pisos posteriores;

Fonte: NBR 9575 (ABNT, 2010)

4 ESTUDO DE CASO

O presente capítulo abordará o desenvolvimento do estudo caso que tange a elaboração de impermeabilização com bases nas diretrizes normativas, conhecimentos técnicos e bibliográficos até aqui adquiridos. Ressalta-se que, o propósito deste projeto vai além da uma aplicação prática de conhecimentos a respeito de sistemas de impermeabilização, o mesmo deverá servir aos engenheiros civis como modelo para elaboração de futuros projetos de impermeabilização.

O foco deste projeto serão alguns dos elementos do projeto executivo. Tais elementos são descritos pela NBR 9575 (ABNT, 2010):

- Detalhes específicos e genéricos que descrevam graficamente todas as soluções de impermeabilização;
- Detalhes construtivos que descrevam graficamente as soluções adotadas no projeto de arquitetura;
- Memorial descritivo de materiais e camadas de impermeabilização;
- Memorial descritivo de procedimentos de execução.

4.1 SELEÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo selecionado foi a edificação referente ao prédio do Instituto das Engenharias II, localizado na Cidade Universitária Dom Delgado da Universidade Federal do Maranhão, em São Luís/MA. O mesmo possuirá subsolo, térreo e 3 pavimentos, e deverá ser construído para sediar os cursos de Engenharia da Universidade Federal do Maranhão. Será uma grande estrutura, que abrigará laboratórios, salas de aula, auditórios, coordenações, sala de professores, dentre outros.

A edificação escolhida apresenta os requisitos necessários para este estudo, sendo assim, os fatores que levaram a seleção foram:

- O Instituto das Engenharias II possui diversas áreas para impermeabilização, como por exemplo: Lajes descobertas, jardins, lavanderia, reservatório, etc.

- A obra está em fase de fundações, e no momento a encontra-se paralisada, com isso o projeto de impermeabilização poderá ser executado quando as atividades de execução forem retornadas.
- Facilidade em aquisição de informações, bem como dos demais projetos técnicos, que foram cedidos pela Prefeitura de Campus para elaboração deste trabalho.

4.2 LEVANTAMENTO PRELIMINAR DAS ÁREAS A SEREM IMPERMEABILIZADAS

Após uma análise face ao projeto arquitetônico, sanitário e de águas pluviais fez-se o levantamento das áreas que possivelmente precisarão de impermeabilização, conforme disposto na tabela 1.

Tabela 15 – Áreas a serem impermeabilizadas

Subsolo	Banheiros (masculino e feminino)
	Depósito de Materiais de Limpeza (DML)
	Muro de contenção
	Poço do Elevador
	Vigas baldrames
	Pisos em contato com o solo
Térreo	Banheiros (masculino e feminino) próximos aos diretórios acadêmicos
	Banheiros (masculino e feminino) próximos ao Elevador
	Banheiro da Guarita
	Lavanderia
	Jardim interno
	Jardim Externo
	Vigas baldrames
	Cisternas
Pisos em contato com o solo	
1º Pavimento	Banheiros (masculino e feminino)
	Jardim
	Laje de cobertura
2º Pavimento	Banheiros (masculino e feminino)
	Jardim
3º Pavimento	Banheiros (masculino e feminino)
	Jardim
	Laboratório 1 / Eng. Química
	Laboratório 2 / Eng. Química
	Laboratório 3 / Eng. Química
	Laboratório 4 / Eng. Química
Laboratório 5 / Eng. Química	

Cobertura	Calhas
	Lajes descobertas (duas)
	Laje do reservatório superior

Fonte: Próprio autor, 2018.

4.3 ESCOLHA DOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

4.3.1 Banheiros

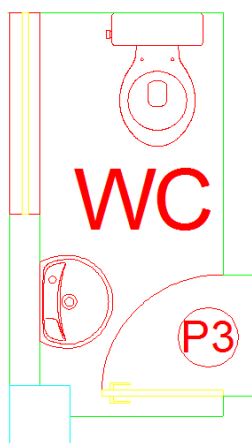
Os banheiros existentes, apesar de não possuírem chuveiro, são áreas consideradas molhadas, pois possuem ralos e precisarão ser higienizados (lavados). Oportunamente, observa-se que falhas na impermeabilização dos banheiros podem ocasionar:

- Comprometimentos dos cômodos inferiores;
- Desprendimento dos revestimentos;
- Formação de bolhas na pintura e danos ao forro do pavimento inferior.
- Corrosão nas armaduras da de vigas e lajes.

Portanto, para garantir que não haverá infiltrações no futuro é necessário que os banheiros sejam impermeabilizados.

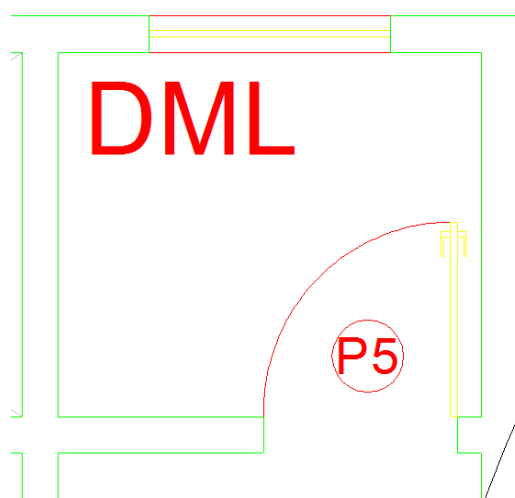
Todos os banheiros, com exceção do banheiro da guarita, possuem a mesma disposição arquitetônica, estrutural, hidráulica e estrutural, o que irá facilitar na elaboração do projeto e na execução da impermeabilização. Tal disposição pode ser observada nas figuras 10 e 11.

Figura 10 – banheiro da guarita



Fonte: UFMA, 2012.

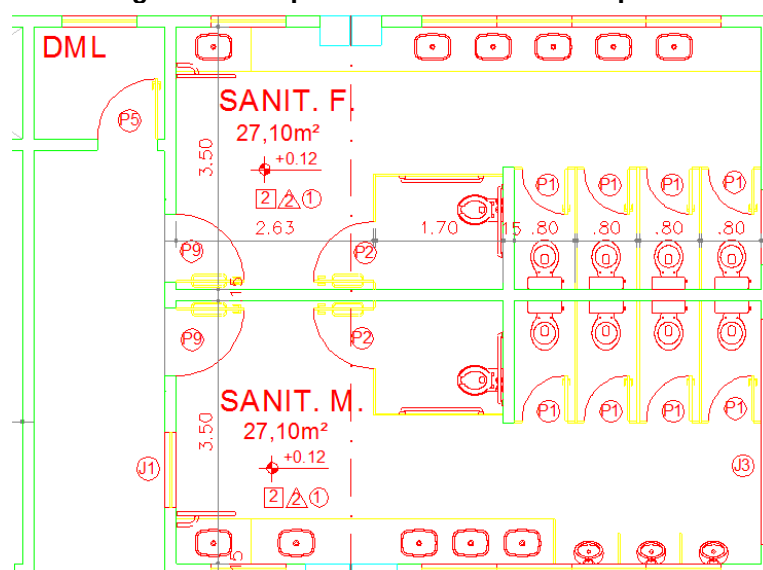
Figura 12 – Depósito de materiais de limpeza



Fonte: UFMA, 2012.

O DML está localizado próximo aos banheiros, no pavimento térreo (figura 13). Devido ao fato do mesmo possuir uma área pequena busca-se uma alternativa mais prática. Neste caso, será adotado o mesmo sistema escolhido para o banheiro, pois o DML possui características similares (área coberta e água sob pressão positiva). Além disso, a utilização da combinação de argamassa com aditivo hidrófugo, seguido de demãos de pintura de argamassa polimérica aumentará a eficiência e produtividade da equipe, já que a equipe pode impermeabilizar os banheiros e o DML no mesmo dia, fazendo um aproveitamento racional da mão de obra e materiais.

Figura 13 – Depósito de materiais de limpeza



Fonte: UFMA, 2012.

4.3.3 Muro de contenção

A impermeabilização do muro de contenção é um passo muito importante para evitar futuras patologias que podem comprometer a estética e durabilidade da construção.

Será constituído de blocos de concreto de 19 cm x 19 cm x 39 cm. A estrutura recebe grandes tensões provenientes do solo, que aumentam ainda mais quando o mesmo está saturado. Também sofre tensões provenientes da superestrutura e até mesmo devido ao recalque das fundações. Por isso, o mais indicado é a utilização de um sistema de impermeabilização flexível, atuando na parte externa do muro de contenção, que resistirá a pressão positiva da água proveniente do solo e as deformações devido às tensões atuantes.

Porém, devido à construção do muro ser muito próxima ao talude, não haverá espaço suficiente para fazer uma impermeabilização com manta asfáltica na parte externa. Por isso será adotado um sistema de membranas, com a utilização de uma pintura a base de asfalto, que é econômica e pode ser aplicada simultaneamente a construção do muro.

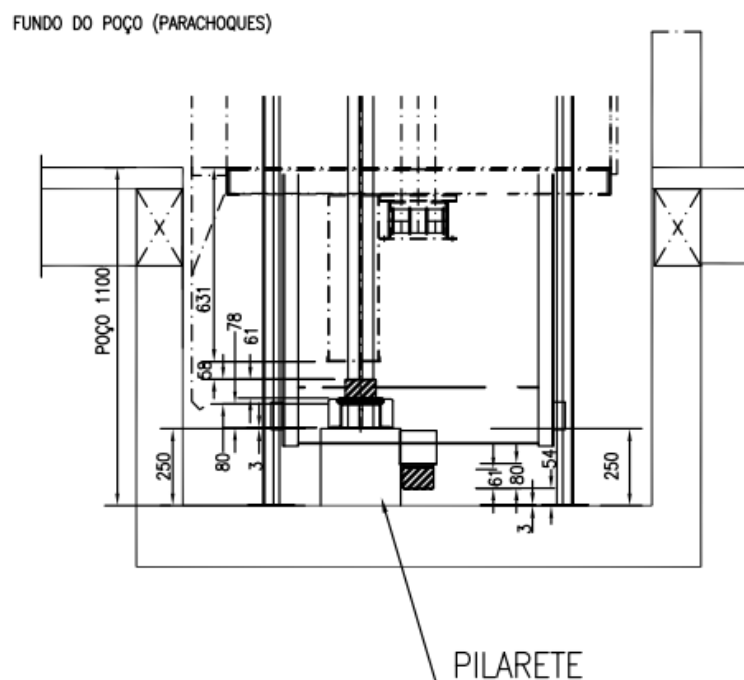
O lado interno do muro de contenção deverá possuir o sistema impermeabilizante do tipo rígido, a fim de resistir à pressão negativa. Diante disso, será adotado a argamassa com aditivo hidrófugo para revestimento interno.

4.3.4 Poço do elevador

O poço do elevador (figura 14) é uma estrutura enterrada, que não recebe irradiação solar e a água atua de forma negativa à mesma. Por isso as soluções flexíveis (como mantas e membranas) não resistiriam à solicitação. Portanto, o sistema mais adequado é o sistema rígido ou semiflexível.

Nesse caso, a solução escolhida é a argamassa polimérica, pois é uma solução eficiente e frequentemente adotada para tal uso.

Figura 14 – Poço do elevador visto em corte



Fonte: UFMA, 2014.

4.3.5 Vigas Baldrames

As vigas baldrames são estruturas enterradas, em contato direto com o solo. É necessário que sejam impermeabilizadas para evitar a ascensão capilar da água proveniente do solo através da parede e do reboco, que pode causar mofo e manchas nos rodapés e no revestimento das paredes.

Uma solução para impermeabilização das vigas baldrames é a utilização de membranas asfálticas, pois as mesmas são resistentes à água de percolação, água de condensação e umidade proveniente do solo (SOARES, 2014). Para complementar essa solução, também será usado aditivo hidrófugo na argamassa de assentamento e revestimento utilizadas na execução das primeiras fiadas das alvenarias.

4.3.6 Pisos em contato com o solo

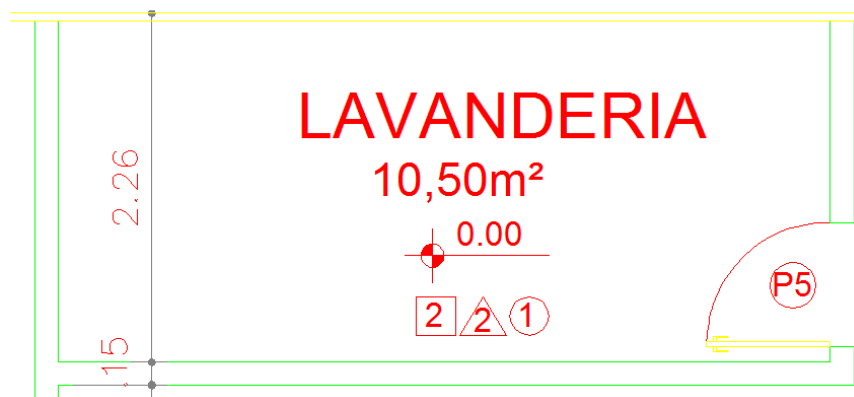
Os pisos em contato com o solo sofrem influência de água sob pressão negativa, portanto é necessária a adoção de um sistema rígido de impermeabilização. Uma solução simples nesse caso, e que não irá alterar a

produtividade da obra é a utilização de aditivo hidrófugo na argamassa de regularização do contra piso.

4.3.7 Lavanderia

A lavanderia (figura 15) é considerada área molhada, portanto deve ser impermeabilizada. É uma área coberta, com atuação da água sob pressão positiva, portanto será adotado um sistema rígido de argamassa com aditivo hidrófugo e argamassa polimérica, mesmo sistema adotado para os banheiros e DML, a fim de aumentar a produtividade das equipes de trabalho e reduzir custos com materiais.

Figura 15 – Lavanderia

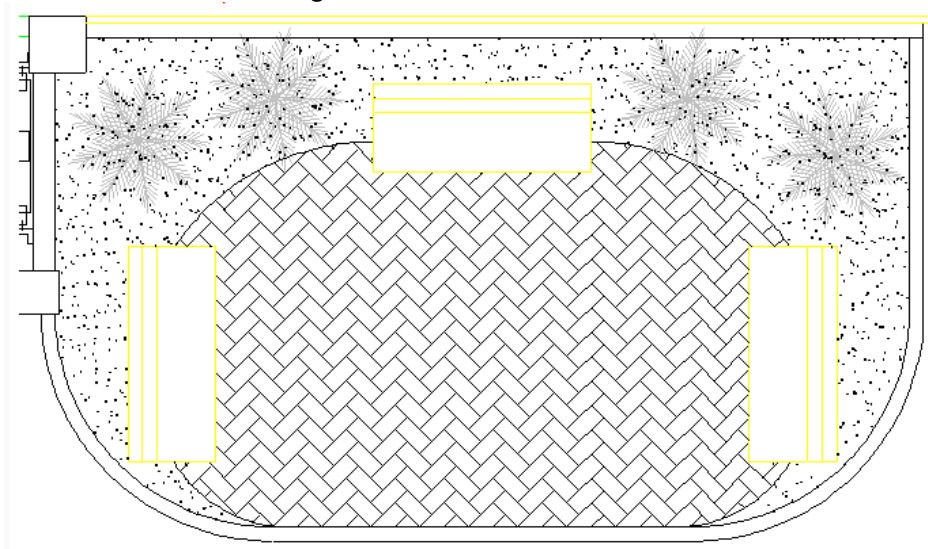


Fonte: UFMA, 2012.

4.2.8 Jardineiras (interna e externa)

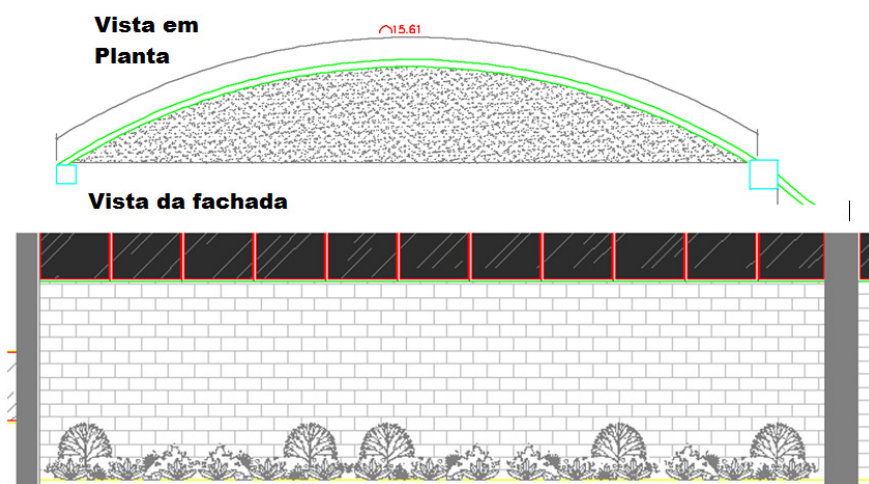
Os jardins (figuras 16 e 17) são áreas em contato com solo úmido, e a impermeabilização dos mesmos é indispensável. São áreas que a atuação da água é sob pressão positiva, e que as raízes das plantas podem ocasionar danos à impermeabilização. Nesse caso, o sistema adotado é flexível com uso de manta asfáltica anti raiz.

Figura 16 – Jardineira interna



Fonte: UFMA, 2012.

Figura 17 – Jardineira externa

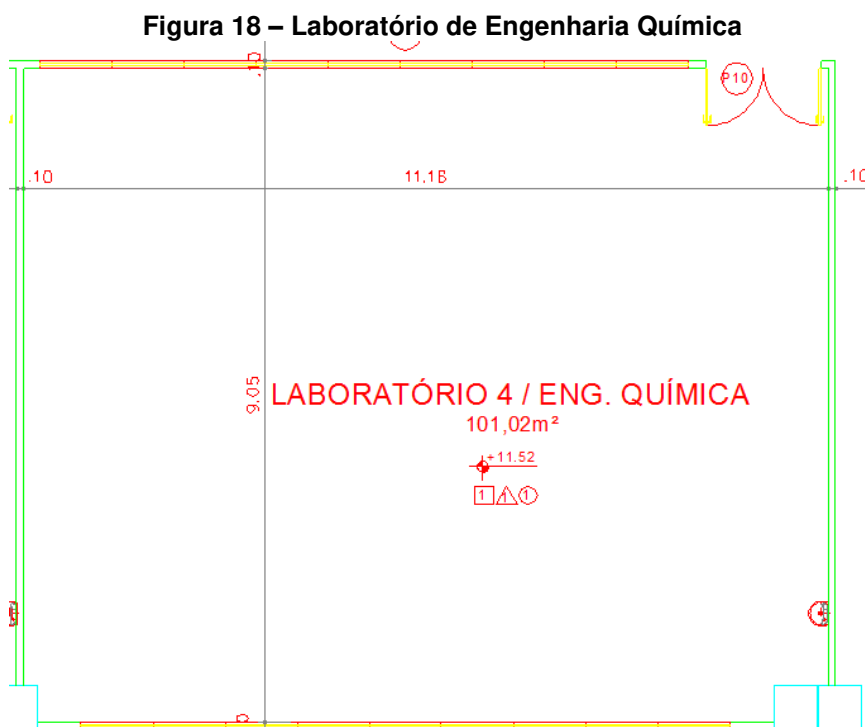


Fonte: UFMA, 2012.

4.3.9 Laboratórios de engenharia química

Outro ponto de vulnerabilidade foi encontrado nos laboratórios de engenharia química (figura 18). São um total de 5 laboratórios que precisam ser impermeabilizados, cada um com uma área de 101,02 m². Nessas áreas haverá o manuseio de substâncias químicas, portanto haverá necessidade de lavar o local sempre que se fizer necessário.

A solicitação imposta pela água é sob pressão positiva, nesse caso, considerando áreas totais, uma solução técnica e economicamente viável é a utilização de emulsão asfáltica aplicada a frio.

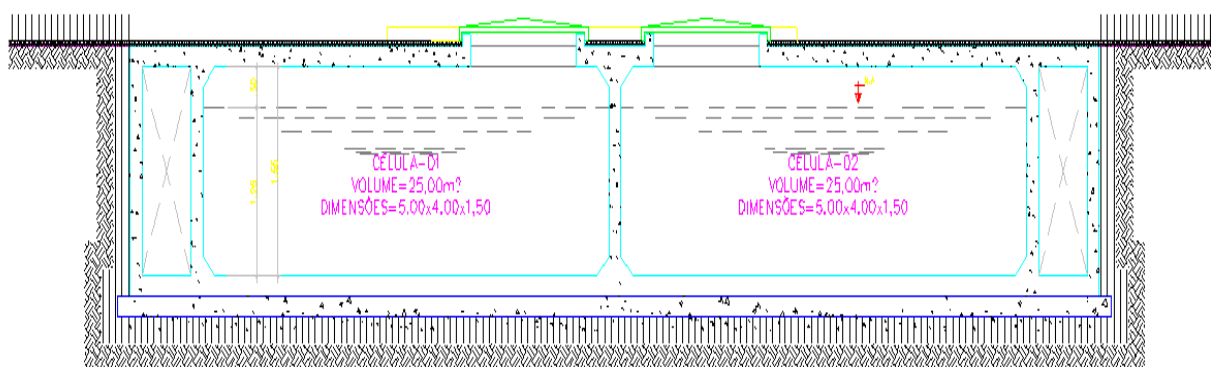


Fonte: UFMA, 2012.

4.3.10 Reservatório inferior

O reservatório inferior está enterrado, em contato com o solo, por isso sofre pressão bilateral. A pressão positiva da água armazenada nos reservatórios, e a pressão negativa da água proveniente do solo (que aumenta ainda mais quando o reservatório está vazio). O projeto possui duas células de 25 m³ cada, como pode ser observado na figura 19.

Figura 19 – Vista em corte do reservatório inferior



Fonte: UFMA, 2012.

Para promover a estanqueidade do reservatório, será utilizada impermeabilização rígida com argamassa polimérica, já que a mesma resiste a pressões positivas e negativas, e não altera a potabilidade da água. A parte superior externa do reservatório fica exposta às intempéries, portanto o mais adequado é uma impermeabilização flexível, o impermeabilizante selecionado é a manta asfáltica aluminizada, pois não necessita de proteção mecânica e não haverá tráfego de pessoas e materiais no local.

4.3.11 Reservatório superior

A impermeabilização do reservatório superior é diferente do inferior, pois o mesmo encontra-se exposto às intempéries, conseqüentemente a grandes variações térmicas. A atuação da água é positiva, por isso o ideal é a utilização de um sistema flexível. Uma boa opção para esse caso é a utilização de membrana de polímero acrílico, pois o mesmo resiste a pressões positivas, é inodoro e atóxico e acompanha as movimentações estruturais e térmicas previstas, ideal para ser aplicado nesse caso.

A laje de cobertura do reservatório também necessita ser impermeabilizada, para isso será adotada a manta asfáltica aluminizada, já que a mesma não necessita de proteção mecânica.

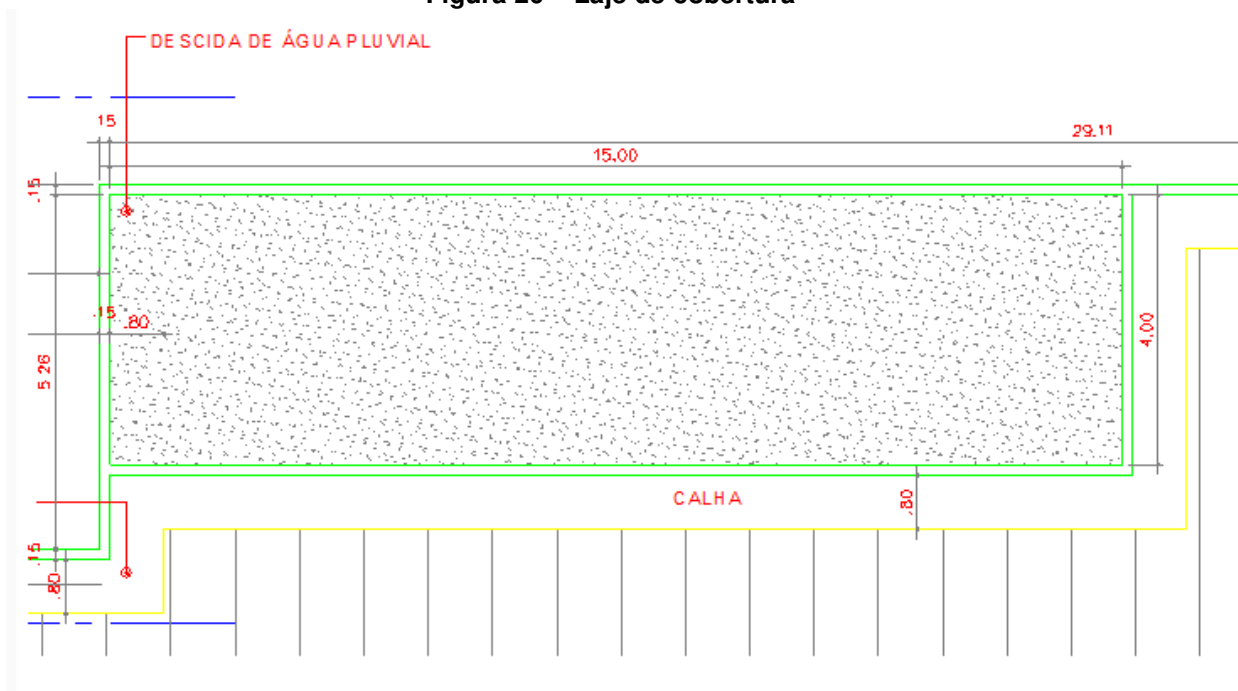
4.3.12 Lajes descobertas

As lajes são elementos estruturais dimensionados para suportar cargas permanentes e acidentais. Na edificação objeto de estudo as lajes descobertas servirão para tráfego de pessoas e materiais, e para fazer manutenção no telhado, calhas e reservatório. Observa-se que, falhas na impermeabilização das mesmas podem ocasionar:

- Infiltração de água;
- Comprometimento da estrutura e corrosão na armadura;
- Danos ao forro, revestimentos e pintura;
- Comprometimento das instalações elétricas.

Nas lajes descobertas o ideal é a utilização de sistemas flexíveis, devido à exposição contínua às intempéries, ou seja, estão sujeitas à variação de temperatura. Por isso será adotado mantas asfálticas para impermeabilização das mesmas. Na figura 20, pode-se observar as dimensões de uma das lajes expostas da cobertura.

Figura 20 – Laje de cobertura



Fonte: UFMA, 2012.

Devido as características das lajes descobertas, foi adotado o sistema de mantas asfálticas tipo III, com 3 mm de espessura. As mesmas apresentam bom desempenho para estruturas sujeitas a grandes movimentações e carregamentos, e suporta uma lamina d'água de 15 mca.

4.3.13 Calhas

Para impermeabilização das calhas de concreto da cobertura a manta asfáltica comum não seria produtiva, já que a mesma necessita de proteção mecânica. Nesse caso, optou-se pela manta asfáltica aluminizada do tipo I com 3 mm de espessura. A mesma é a mais indicada para tal uso, pois não necessita de proteção mecânica e não haverá tráfego de pessoas e materiais no local.

4.3.14 Resumo dos materiais adotados

A tabela 16 apresenta a compilação de informações referentes à localização e aos materiais adotados no projeto de impermeabilização.

Tabela 16 – Áreas a serem impermeabilizadas

PAVIMENTO	LOCAL	MATERIAL
Subsolo	Banheiros (masculino e feminino)	Argamassa polimérica
	Depósito de Materiais de Limpeza (DML)	Argamassa polimérica
	Muro de contenção	Pintura asfáltica, aditivo hidrófugo
	Poço do Elevador	Argamassa polimérica
	Vigas baldrames	Emulsão asfáltica e aditivo hidrófugo
	Pisos em contato com o solo	Aditivo hidrófugo
Térreo	Banheiros (masculino e feminino) próximos aos diretórios acadêmicos	Aditivo hidrófugo e argamassa polimérica
	Banheiros (masculino e feminino) próximos ao Elevador	Aditivo hidrófugo e argamassa polimérica
	Banheiro da Guarita	Aditivo hidrófugo e argamassa polimérica
	Lavanderia	Aditivo hidrófugo e argamassa polimérica
	Jardineira interna	Manta asfáltica antiraiz
	Jardineira externa	Manta asfáltica antiraiz
	Vigas baldrames	Emulsão asfáltica
	Reservatório Inferior	Argamassa polimérica e manta asfáltica aluminizada
	Pisos em contato com o solo	Aditivo hidrófugo

1º Pavimento	Banheiros (masculino e feminino)	Argamassa polimérica
	Jardineira	Manta asfáltica antiraíz
	Laje de cobertura	Manta asfáltica
2º Pavimento	Banheiros (masculino e feminino)	Argamassa polimérica
	Jardineira	Manta asfáltica antiraíz
3º Pavimento	Banheiros (masculino e feminino)	Argamassa polimérica
	Jardineira	Manta asfáltica antiraíz
	Laboratório 1 / Eng. Química	Membrana asfáltica
	Laboratório 2 / Eng. Química	Membrana asfáltica
	Laboratório 3 / Eng. Química	Membrana asfáltica
	Laboratório 4 / Eng. Química	Membrana asfáltica
	Laboratório 5 / Eng. Química	Membrana asfáltica
Cobertura	Calhas	Manta asfáltica aluminizada
	Lajes descobertas (duas)	Manta asfáltica
	Reservatório superior	Membrana de polímero com cimento
	Laje do reservatório superior	Manta asfáltica aluminizada

Fonte: Próprio autor, 2018.

4.4 MEMORIAL DESCRITIVO

4.4.1 Banheiros, lavanderia e depósito de materiais de limpeza

São áreas com características similares, em que serão adotados os mesmos materiais e procedimento de execução, com exceção dos detalhes construtivos específicos de cada local.

4.4.1.1 Camadas

O sistema adotado é constituído das seguintes camadas:

- Camada de suporte;
- Camada de regularização;
- Camada impermeabilizante;
- Proteção mecânica.

4.4.1.2 Materiais

Os materiais necessários para a execução desse sistema são:

- Cimento especial e Resina Acrílica;
- Par de Luvas;
- Trincha ou Brocha;
- Tesoura;
- Tela de poliéster;
- Pistola aplicadora;
- Mastique à base de resinas acrílicas.

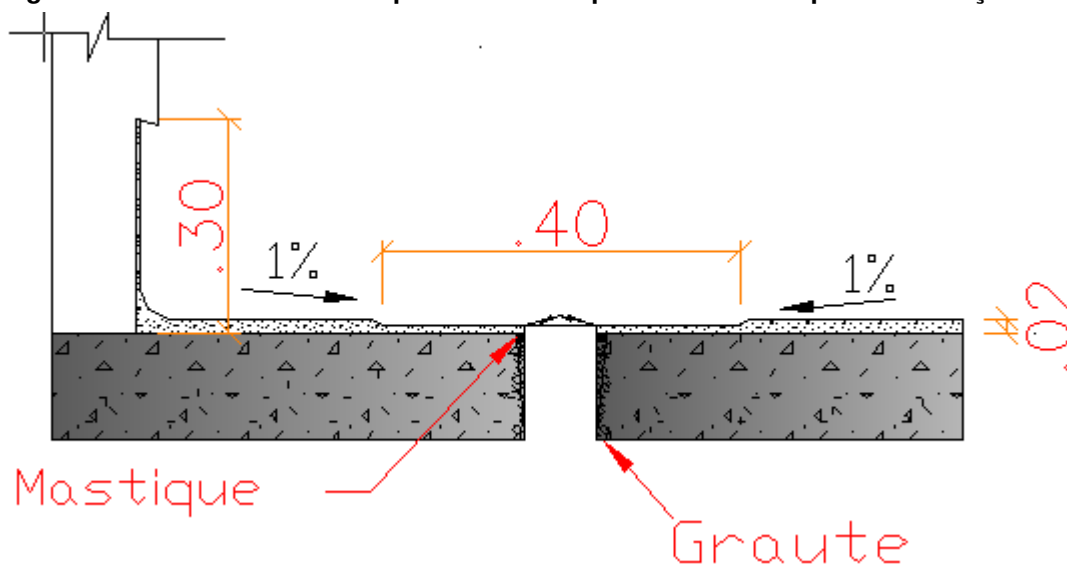
4.4.1.3 Procedimento de execução

4.4.1.3.1 Procedimentos preliminares

- Sobre a superfície levemente umedecida, fazer a regularização com traço 1:3 (cimento:areia), com espessura mínima de 2 cm e caimento de 1% em direção ao ralo;
- Arredondar as arestas e cantos vivos;
- Fixar as tubulações com graute;
- Fazer um rebaixo de 1 cm na região do ralo, formando uma área de 40 cm x 40 cm;
- Calafetar com mastique a área entre a parede da tubulação e a regularização.

A figura a 21 representa graficamente os procedimentos descritos.

Figura 21 – Detalhamento dos procedimentos preliminares à impermeabilização



Fonte: Próprio autor.

4.4.1.3.1 Preparo do substrato

- O substrato deve estar limpo antes de iniciar a aplicação. Não pode haver parte solta ou desagregada, nata de cimento, óleos ou desmoldantes.
- Promover a limpeza da superfície com escova de aço e água ou jato d'água de alta pressão.
- Na existência de ninchos e falhas, tratar com argamassa de cimento e areia (traço 1:3);
- Umedecer o local de aplicação com auxílio de trincha ou brocha, sem encharcar a superfície.

4.4.1.3.2 Preparo do material impermeabilizante

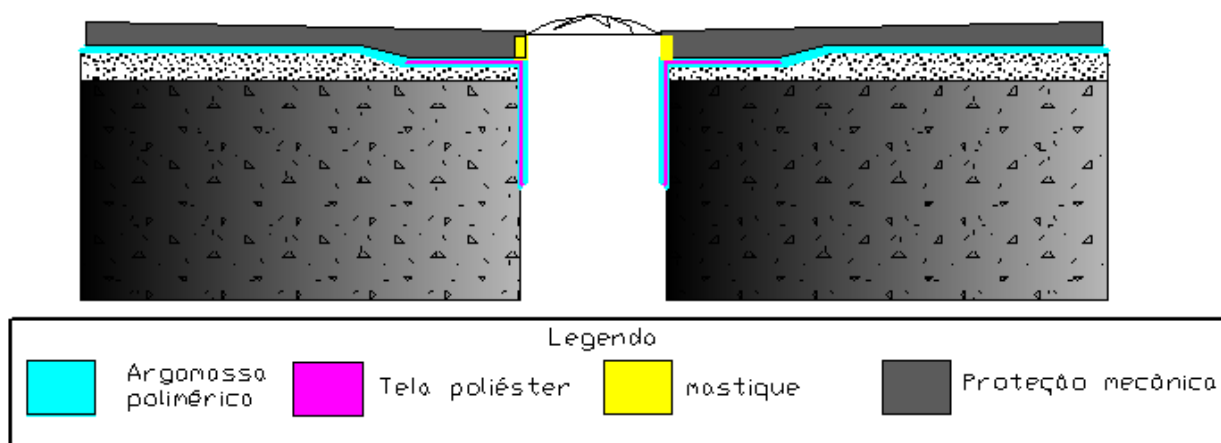
- Despejar a resina acrílica em um balde limpo, e em seguida o cimento polimérico aos poucos, misturando até obter uma massa homogênea;
- Deve ser respeitado o tempo de mistura do fabricante, mas a recomendação usual é de 3 minutos quando utilizado processo mecânico e 5 minutos quando a mistura é feita manualmente;
- Aplicar em no máximo uma hora após a mistura;
- Nunca adicionar água.

4.4.1.3.3 Aplicação

- Com o auxílio de trincha, aplicar uma camada uniforme da mistura.
- Após a secagem da primeira camada, as regiões críticas como ao redor dos ralos, cantos, juntas de concretagem, etc., devem ser reforçadas com tela de poliéster;
- Aplicar a 2ª e 3ª demão de forma cruzada, até cobrir a tela de poliéster. Aguardar a secagem entre as mesmas (varia de 2h a 6h, conforme orientação do fabricante) e umedecendo, caso a camada anterior esteja seca;
- Após a secagem da última camada, calafetar os locais necessários, aplicando mastique ao redor dos ralos e dos tubos passantes com auxílio da pistola aplicadora.

A figura 22 representa o detalhe construtivo da impermeabilização dos ralos.

Figura 22 – Detalhe Ralo



Fonte: Próprio autor, 2018.

4.4.1.3.4 Teste de estanqueidade

- Aguardar pelo menos três dias após a última demão;
- Submeter a impermeabilização a uma lâmina d'água de no mínimo 10 cm, por 72 h.

4.4.1.3.5 Proteção mecânica

- Após a cura e o teste de estanqueidade, realizar proteção mecânica com uma camada de argamassa de 1,5 cm a 2 cm;
- Assentar o piso cerâmico.

4.4.2 Poço do elevador

4.4.2.1 Camadas

O sistema adotado é constituído das seguintes camadas:

- Camada de suporte;
- Camada de regularização;
- Camada de argamassa polimérica.

4.4.2.2 Materiais

Os materiais necessários para a execução desse sistema são:

- Cimento especial e Resina Acrílica;
- Par de Luvas;
- Trincha ou Brocha;
- Tesoura;
- Tela de poliéster.

4.4.2.3 Procedimento de execução

4.4.2.3.1 Preparo do substrato

- As arestas e cantos vivos devem ser arredondados;
- O substrato deve estar limpo antes de iniciar a aplicação. Não pode haver parte solta ou desagregada, nata de cimento, óleos ou desmoldantes;
- Promover a limpeza da superfície com escova de aço e água ou jato d'água de alta pressão;
- Na existência de ninchos e falhas, tratar com argamassa de cimento e areia (traço 1:3);

- Umedecer o local de aplicação com auxílio de trincha ou brocha, sem encharcar a superfície.

4.4.2.3.2 Preparo do material impermeabilizante

- Despejar a resina acrílica em um balde limpo, e em seguida o cimento polimérico aos poucos, misturando até obter uma massa homogênea;
- Deve ser respeitado o tempo de mistura do fabricante, mas a recomendação usual é de 3 minutos quando utilizado processo mecânico e 5 minutos quando a mistura é feita manualmente;
- Aplicar em no máximo uma hora após a mistura;
- Nunca adicionar água.

4.4.2.3.3 Aplicação

- Com o auxílio de trincha, aplicar uma camada uniforme da mistura. A camada deve ser aplicada em todas as laterais do poço e subir cerca de 20 cm além da área enterrada do mesmo e 30 cm nos pilaretes;
- Após a secagem da primeira camada, as regiões críticas como ao redor dos ralos, cantos, juntas de concretagem, etc., devem ser reforçadas com tela de poliéster;
- Aplicar a 2ª e 3ª demão de forma cruzada, até cobrir a tela de poliéster. Aguardar a secagem entre as mesmas (varia de 2h a 6h, conforme orientação do fabricante) e umedecendo, caso a camada anterior esteja seca.

4.4.2.3.4 Proteção mecânica

- Não necessita de proteção mecânica.

4.4.3 Vigas Baldrames

4.4.3.1 Camadas

- Camada de suporte;
- Camada de argamassa impermeável (adição de aditivo hidrófugo);

- Camada de pintura asfáltica aplicada à frio.

4.4.3.2 Materiais

- Emulsão asfáltica;
- Cimento, areia e aditivo hidrófugo;
- Brocha;
- Desempenadeira de madeira;
- Amassadeira;
- Rolo de textura;
- Trincha, rolo de pelo de carneiro ou vassoura de cerdas macias.

4.4.3.3 Procedimento de execução

4.4.3.3.1 *Preparo do substrato*

- O substrato deve estar limpo antes de iniciar a aplicação. Não pode haver parte solta ou desagregada, nata de cimento, óleos ou desmoldantes;
- Umedecer o local de aplicação com auxílio de trincha ou brocha, sem encharcar a superfície;
- Aplique uma camada de chapisco, com traço 1:2 (cimento:areia), sem aditivos, com auxílio do rolo de textura;
- Aguardar a secagem por 72 h.

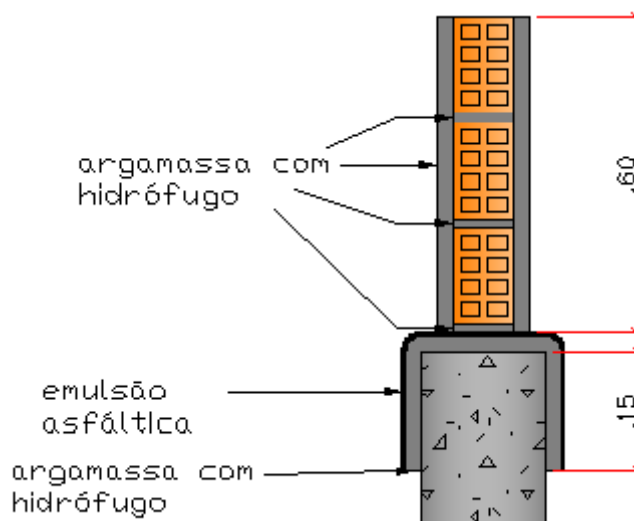
4.4.3.3.2 *Preparo do material impermeabilizante*

- Faça a mistura a seguir em quantidade suficiente para durar no máximo uma hora de aplicação;
- Na amassadeira, misture o cimento e a areia uniformemente, com traço de 1:3 (cimento e areia);
- Dilua o aditivo hidrófugo em água, conforme a recomendação do fabricante;
- Adicione a mistura aos poucos à massa, misturando uniformemente;

4.4.3.3.3 Aplicação

- Aplicar a argamassa impermeável no baldrame, com espessura de 1,5 a 2 cm, cobrindo toda a face superior e descendo aproximadamente de 15 cm para as laterais, conforme mostrado na figura 23. Fazer o acabamento com a desempenadeira, arredondando os cantos;
- Aguardar a secagem da argamassa por no mínimo 3 dias;
- Para a aplicação da emulsão asfáltica, misturar o produto com ferramenta limpa, a fim de evitar a contaminação do mesmo;
- Aplicar duas demãos do produto de forma cruzada, com auxílio de rolo de pelo de carneiro (pode ser substituído por trincha ou vassoura de cerdas macias). Aguardar o tempo de secagem entre as camadas recomendado pelo fabricante;
- Utilizar argamassa com aditivo hidrófugo, com o mesmo preparo já mencionado para assentar as 3 primeiras fiadas da alvenaria sobre o baldrame (traço 1:3);
- Utilizar argamassa com aditivo hidrófugo, com o mesmo preparo já mencionado como o revestimento interno e externo da parede (traço 1:4) até a altura de 60 cm do piso de referência;
- O revestimento deve ser executado em 2 camadas de 1,5 cm. Deve-se evitar a sobreposição de juntas de execução. As camadas devem ser executadas no mesmo dia, caso contrário, a última camada deve ser precedida de chapisco;
- A última camada deve ser alisada com desempenadeira de madeira.

Figura 23 - Detalhe viga baldrame



Fonte: Próprio autor, 2018.

4.4.4 Pisos em contato com o solo

4.4.4.1 Camadas

- Camada de suporte;
- Regularização de argamassa impermeável;
- Revestimento final.

4.4.4.2 Materiais

- Cimento, areia e aditivo hidrófugo;
- Brocha;
- Desempenadeira de madeira;
- Amassadeira;
- Rolo de textura.

4.4.4.3 Procedimento de execução

4.4.4.3.1 Preparo do substrato

- O substrato deve estar limpo antes de iniciar a aplicação. Não pode haver parte solta ou desagregada, nata de cimento, óleos ou desmoldantes;

- Umedecer o local de aplicação com auxílio de trincha ou brocha, sem encharcar a superfície.

4.4.4.3.2 Preparo do material impermeabilizante

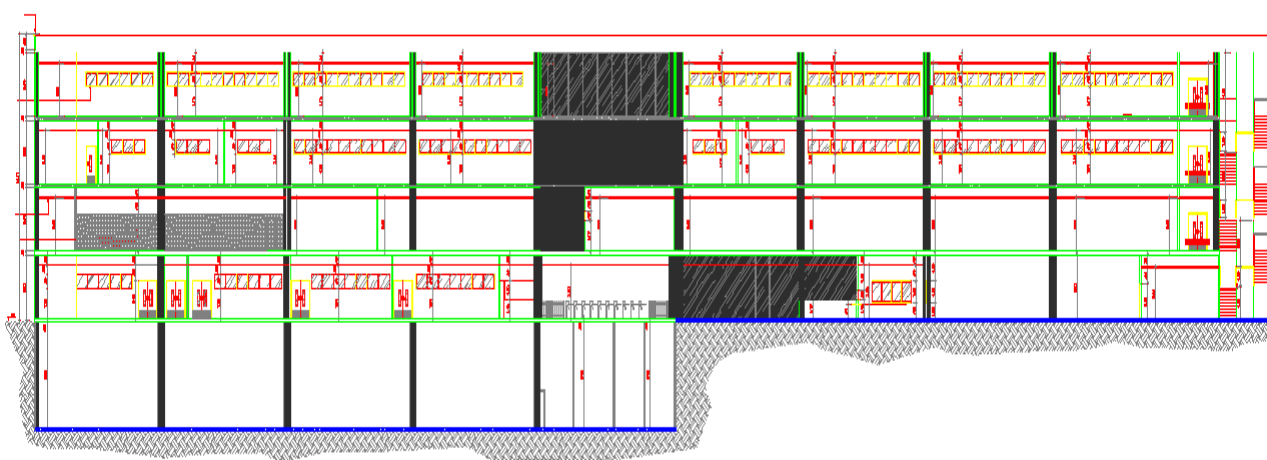
- Faça a mistura a seguir em quantidade suficiente para durar no máximo uma hora de aplicação;
- Na amassadeira, misture o cimento e a areia uniformemente, com traço de 1:3 (cimento e areia);
- Dilua o aditivo hidrófugo em água, conforme a recomendação do fabricante;
- Adicione a mistura aos poucos à massa, misturando uniformemente.

4.4.4.3.3 Aplicação

- Executar o contra piso normalmente, com atenção apenas às áreas que necessitam de caimentos;
- Nas áreas que receberão outro tipo de impermeabilização combinada, como banheiros, lavanderia e DML, atentar aos detalhes executivos da camada de base, por exemplo, o arredondamento dos cantos.

Na figura 24 pode-se observar destacado em azul as áreas de piso em contato com o solo, tanto no subsolo quanto no térreo.

Figura 24 - Vista em corte do Instituto II



Fonte: Adaptado de UFMA, 2012.

4.4.5 Jardineiras

4.4.5.1 Camadas

- Camada de suporte;
- Camada de Regularização;
- Imprimação;
- Camada impermeabilizante (Manta);
- Camada separadora;
- Camada de proteção mecânica;
- Camada drenante.

4.4.5.2 Materiais

- Cimento;
- Areia média;
- Aditivo hidrófugo;
- Emulsão asfáltica antiraíz;
- Manta asfáltica antiraíz (e = 4 mm);
- Filme de polietileno;
- Manta geotêxtil para jardins;
- Brita 1.

4.4.5.3 Procedimento de execução

4.4.5.3.1 *Procedimentos preliminares*

- Preparar argamassa impermeável conforme orientações do fabricante. Sobre a superfície levemente umedecida, fazer a regularização com traço 1:3 (cimento:areia), com espessura mínima de 2 cm e caimento de 1% em direção ao ralo;
- Arredondar as arestas e cantos vivos;
- Fixar a tubulações com graute;
- Fazer um rebaixo de 1 cm na região do ralo, formando uma área de 40 cm x 40 cm;

- Fazer um recorde nos rodapés apenas das paredes contínuas (não fazer nas muretas da jardineira), com altura de 30 cm e profundidade de 3 cm acima do nível da terra, para subir com a impermeabilização;
- Aguardar a secagem da camada de regularização por no mínimo 72h.

4.4.5.3.3 Preparo do substrato

- O substrato deve estar limpo antes de iniciar a aplicação. Não pode haver parte solta ou desagregada, nata de cimento, óleos ou desmoldantes.
- Promover a limpeza da superfície com escova de aço e água ou jato d'água de alta pressão.
- Na existência de ninchos e falhas, tratar com argamassa de cimento e areia (traço 1:3).

4.4.5.3.4 Procedimentos executivos

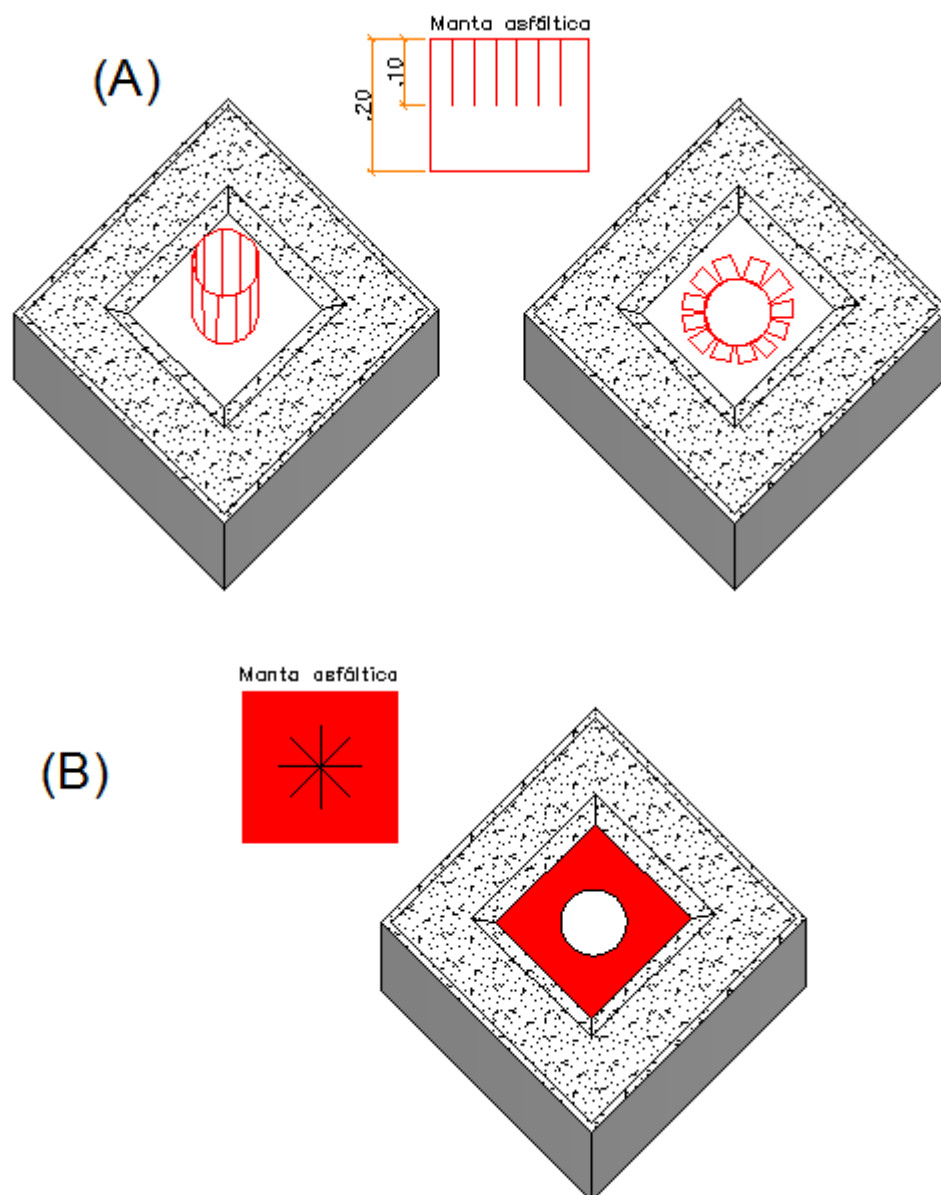
- Primer:

- Aplicar 2 demãos de primer (emulsão asfáltica), diluído em água conforme orientação do fabricante. Aguardar o tempo de secagem entre as camadas.

- Ralos:

- Fazer o arremate dos ralos, enrolando um pedaço de manta, com 20 cm de comprimento, colocando 10 cm para dentro do tubo, colando com o maçarico (intensidade de chama baixa);
- Cortar em tiras a parte que ficou para fora do tubo, e colar com o maçarico (figura 25A);
- Sobrepor com um pedaço de manta asfáltica de 40 cm x 40 cm, cortado em formato como de pizza, aderindo as pontas na parte interno do tubo (figura 25B).

Figura 25 - Arremate da manta no ralo



Fonte: Próprio autor, 2018.

- Manta asfáltica:

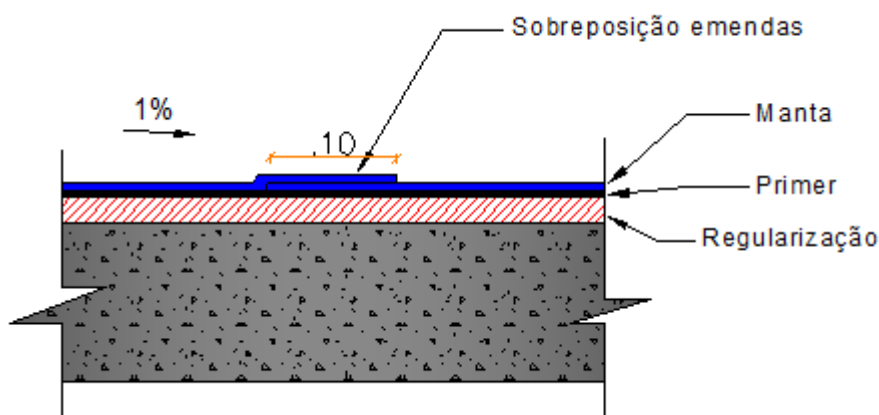
- Após a secagem completa do primer, posicionar os rolos das mantas de forma alinhada e em obediência ao requadramento da área;
- Colar a manta asfáltica com uso de maçaricos, aquecendo simultaneamente a superfície imprimada e a face de aderência da manta. Deve-se tomar cuidado para apenas amolecer o asfalto da manta, sem queimá-lo. Deve-se começar a aplicação pelos locais mais baixos da

superfície, ou seja, próximos aos ralos, para que as emendas obedeam ao sentido de escoamento da água.

- Emendas:

- As emendas devem possuir sobreposição de 10 cm, e devem ser seladas com roletes ou espátula (figura 26);
- Nos encontros entre os planos vertical e horizontal, executar primeiro o horizontal, subindo 10 cm para o plano vertical. Posteriormente executar no plano vertical, começando na cota definida para o mesmo (30 cm acima do nível da terra) descendo até o plano horizontal, com sobreposição de 10 cm;
- Fazer o biselamento das emendas, aquecendo uma colher de pedreiro e alisando as mesmas com leve pressão.

Figura 26 - Sobreposição das emendas



Fonte: Próprio autor, 2018.

- Teste de estanqueidade:

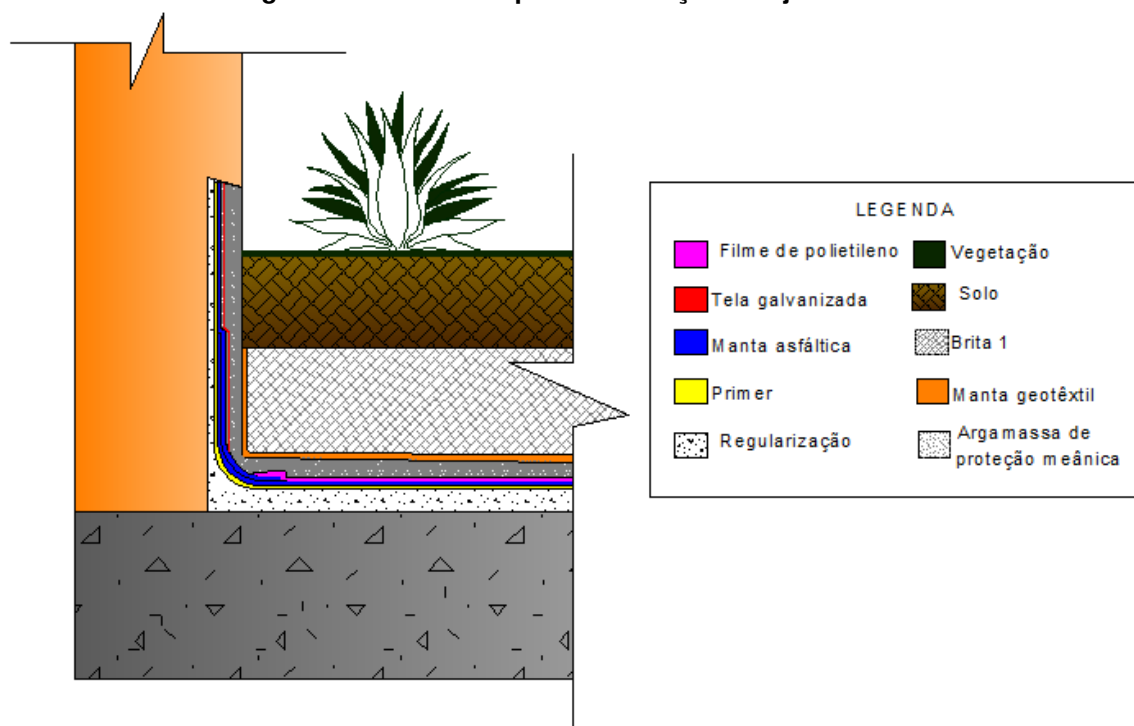
- Executar o teste de estanqueidade, submetendo a impermeabilização a uma lâmina d'água de 5 cm por 72h, a fim de observar e corrigir eventuais falhas no sistema.

- Camada separadora, reforço e camada protetora

- Colocar sobre a manta uma camada separadora de filme de polietileno;
- Nos encaixes da manta nas muretas e paredes, cobrir com uma tela galvanizada ou polimérica e executar um chapisco de cimento e areia média (traço 1: 3);

- Executar proteção mecânica com uma camada de 3 cm de argamassa, com traço volumétrico de 1:4 (cimento:areia);
- Após a cura, executar uma camada de drenagem fazendo uso de manta geotêxtil para jardim e 15 cm de brita 1.

Figura 27 - Detalhe impermeabilização das jardineiras



Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 28 - Encaixe da manta na mureta



Fonte: Próprio autor, 2018.

4.4.6 Lajes de cobertura

4.4.6.1 Camadas

- Camada de base;
- Camada de regularização;
- Imprimação;
- Camada de impermeabilizante (manta);
- Camada separadora;
- Camada de proteção mecânica.

4.4.6.2 Materiais

- Maçarico ligado a botijão de gás GLP;
- Espátula e luvas;
- Manta asfáltica tipo III (e=3 mm);
- Emulsão asfáltica (primer);
- Estilete;
- Rolo lã de carneiro ou vassoura de cerdas macias.

4.4.6.3 Procedimento de execução

4.4.6.3.1 Procedimentos preliminares

- Sobre a superfície levemente umedecida, fazer a regularização com argamassa traço 1:3 (cimento:areia), com espessura mínima de 2 cm e caimento de 1% em direção ao ralo;
- Arredondar as arestas e cantos vivos;
- Fixar a tubulações com graute;
- Fazer um rebaixo de 1 cm na região do ralo, formando uma área de 40 cm x 40 cm;
- Fazer um recorde nos rodapés das platibandas, com altura de 30 cm e profundidade de 3 cm, para subir com a impermeabilização;
- Nos locais onde não for possível fazer o recorte, abrir uma cavidade com pelo menos 3 cm de profundidade e ângulo de 45 graus, 30 cm acima do nível da laje, para embutir a ponta da manta;

- Aguardar a secagem da camada de regularização por no mínimo 72h.

4.4.6.3.2 *Preparo do substrato*

- O substrato deve estar limpo antes de iniciar a aplicação. Não pode haver parte solta ou desagregada, nata de cimento, óleos ou desmoldantes;
- Promover a limpeza da superfície com escova de aço e água ou jato d'água de alta pressão;
- Na existência de ninchos e falhas, tratar com argamassa de cimento e areia (traço 1:3).

4.4.6.3.3 *Procedimentos de impermeabilização*

- Primer:

- Aplicar de 1 a 2 demãos (de acordo com a recomendação do fabricante da manta) de primer, diluído em água conforme orientação do fabricante. Aguardar o tempo de secagem entre as camadas.

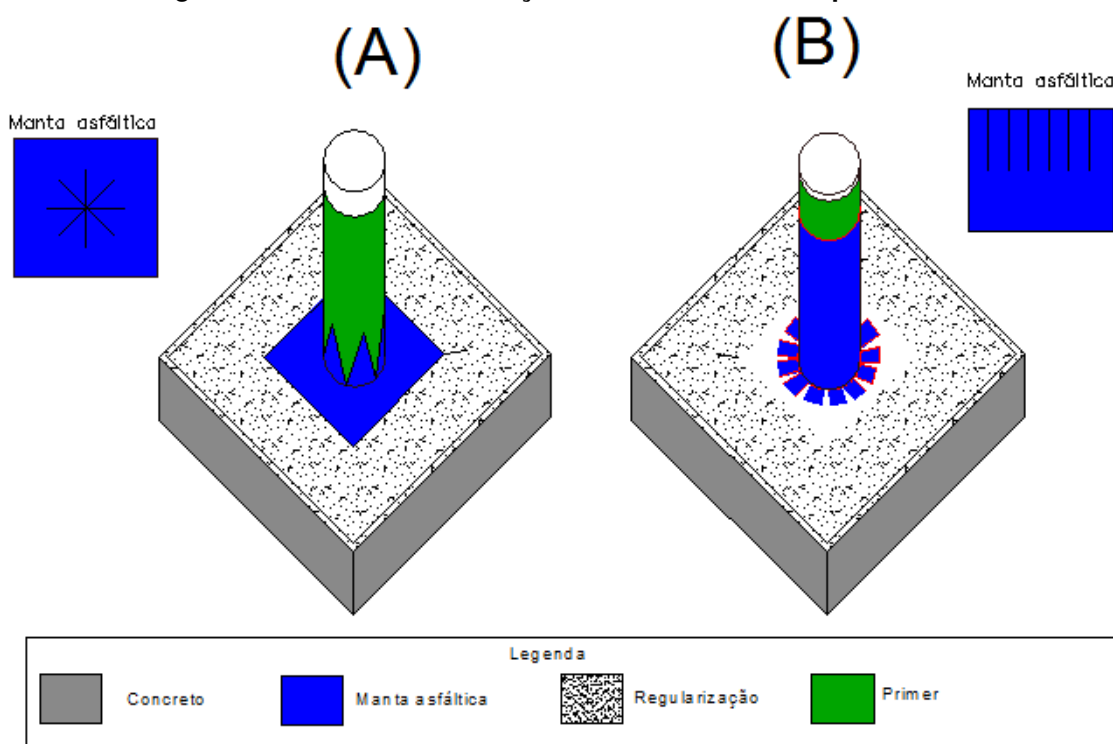
- Ralos:

- Fazer o arremate dos ralos, enrolando um pedaço de manta, com 20 cm de comprimento, colocando 10 cm para dentro do tubo, colando com o maçarico (intensidade de chama baixa);
- Cortar em tiras a parte que ficou para fora do tubo, e colar com o maçarico (figura 25A);
- Sobrepor com um pedaço de manta asfáltica de 40 cm x 40 cm, cortado em formato como de pizza, aderindo as pontas na parte interno do tubo (figura 25B);

-Tubos passantes

- Fazer o arremate dos tubos passantes colando com maçarico um pedaço de manta de 35 cm x 35 cm conforme a figura 29 (A), e sobrepor com outra faixa de 35 cm x 40 conforme mostrado na figura 29 (B).

Figura 29 - Detalhe da colocação da manta nos tubos passantes



Fonte: Próprio autor, 2018.

- Manta:

- Após a secagem completa do primer, posicionar os rolos das mantas de forma alinhada e em obediência ao requadramento da área. Esticar a manta asfáltica e cortá-la no tamanho exato da área a ser impermeabilizada;
- Colar a manta asfáltica com uso de maçaricos, aquecendo simultaneamente a superfície imprimada e a face de aderência da manta. Deve-se tomar cuidado para apenas amolecer o asfalto da manta, sem queimá-lo. Deve-se começar a aplicação pelos locais mais baixos da superfície, ou seja, próximos aos ralos, para que as emendas que obedecem ao sentido de escoamento da água;
- Pressionar a manta no sentido do centro para as bordas, para evitar formação de bolhas de ar.

- Emendas:

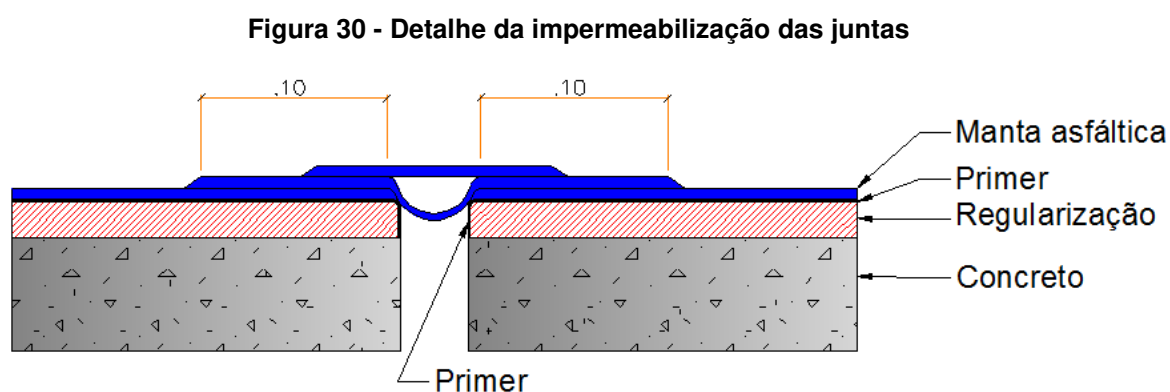
- As emendas devem possuir sobreposição de 10 cm, e devem ser seladas com roletes ou espátula (figura 26).
- Nos encontros entre os planos vertical e horizontal, executar primeiro o horizontal, subindo 10 cm para o plano vertical. Posteriormente executar

no plano vertical, começando na cota definida para o mesmo (30 cm acima do nível da terra) descendo até o plano horizontal, com sobreposição de 10 cm.

- Fazer o biselamento das emendas, aquecendo uma colher de pedreiro ou e alisando as mesmas com leve pressão;

- Juntas de dilatação

- Fazer reforço com faixa de manta, deixando 10 cm para cada lado próximo a junta, com uma folga (sanfonamento) da manta para o lado de dentro da junta (figura 30).



Fonte: Próprio autor, 2018.

- Teste de estanqueidade:

- Executar o teste de estanqueidade, submetendo a impermeabilização a uma lâmina d'água de 5 cm por 72h, a fim de observar e corrigir eventuais falhas do sistema.

- Camada separadora e proteção mecânica:

- Colocar sobre a manta uma camada separadora de filme de polietileno;
- Nos encaixes da manta nas paredes e platibandas, cobrir com uma tela galvanizada ou polimérica e executar um chapisco de cimento e areia média (traço 1:3);
- Executar proteção mecânica com uma camada de 3 cm de argamassa, com traço volumétrico de 1:4 (cimento:areia).

4.4.7 Laboratórios de engenharia química

4.4.7.1 Camadas

- Camada de base;
- Camada de regularização;
- Camada de impermeabilizante (pintura asfáltica);
- Camada separadora;
- Camada de proteção mecânica.

4.4.7.2 Materiais

- Emulsão asfáltica;
- Cimento e areia;
- Trincha ou vassoura de cerdas macias;
- Tela de poliéster estruturante;
- Filme de polietileno.

4.4.7.3 Procedimento de execução

4.4.7.3.1 *Procedimentos preliminares*

- Sobre a superfície levemente umedecida, fazer a regularização com argamassa traço 1:3 (cimento:areia), com espessura mínima de 2 cm e caimento de 1% em direção ao ralo;
- Arredondar as arestas e cantos vivos;
- Fixar a tubulações com graute;
- Fazer um rebaixo de 1 cm na região do ralo, formando uma área de 40 cm x 40 cm;
- Fazer um recorde nos rodapés, com altura de 20 cm e profundidade de 3 cm, para subir com a impermeabilização;
- Aguardar a secagem da camada de regularização por no mínimo 72h.

4.4.7.3.2 *Preparo do substrato*

- O substrato deve estar limpo antes de iniciar a aplicação. Não pode haver parte solta ou desagregada, nata de cimento, óleos ou desmoldantes;
- Promover a limpeza da superfície com escova de aço e água ou jato d'água de alta pressão;

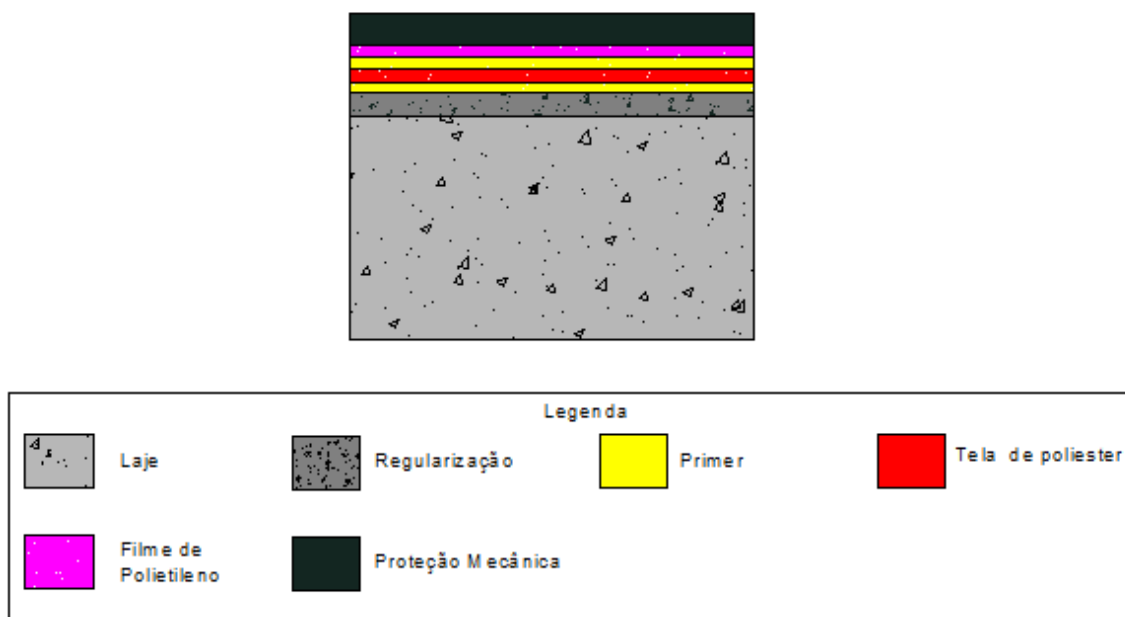
- Na existência de ninchos e falhas, tratar com argamassa de cimento e areia (traço 1:3).

4.4.7.3.3 *Procedimentos executivos*

- Para a aplicação da emulsão asfáltica, misturar o produto com ferramenta limpa, a fim de evitar a contaminação do mesmo;
- Aplicar duas demãos do produto de forma cruzada, com auxílio de rolo de pelo de carneiro (pode ser substituído por trincha ou vassoura de cerdas macias). Deve-se obedecer ao consumo por metro quadrado e aguardar o tempo de secagem entre as camadas recomendado pelo fabricante;
- Em pontos críticos (juntas, ralos, tubos emergentes, arestas e cantos vivos) e em todo o piso (devido ao espaço possuir uma grande área), executar um reforço entre a primeira e segunda demão, com tela de poliéster estruturante;
- Aguardar o tempo de secagem recomendado pelo fabricante, e realizar o teste de estanqueidade com uma lâmina d'água de 5 cm por 72h, para verificar se há falhas no sistema;
- Colocar filme de polietileno como camada separadora;
- Executar proteção mecânica com uma camada de 3 cm de argamassa, com traço volumétrico de 1:4 (cimento:areia).

A figura 31 representa em corte as camadas da impermeabilização dos laboratórios.

Figura 31 - Detalhe da impermeabilização dos Laboratórios



Fonte: Próprio autor, 2018.

4.4.8 Muro de contenção

4.4.8.1 Camadas

4.4.8.1.1 Lado externo

- Camada de base
- Camada impermeabilizante externa (pintura asfáltica);
- Camada separadora;
- Camada de proteção mecânica;
- Camada drenante;

4.4.8.1.2 Lado interno

- Camada de base
- Camada impermeabilizante interna (Argamassa impermeável);

4.4.8.2 Materiais

- Emulsão asfáltica elastomérica;
- Cimento;
- Areia;
- Aditivo hidrófugo;

- Tela de poliéster;
- Geocomposto drenante;

4.4.8.3 Procedimento de execução lado externo

Recomenda-se a execução da impermeabilização a cada 1 metro de alvenaria estrutural elevada, devido às dificuldades de execução pelo lado externo.

4.4.8.3.1 *Preparo do substrato*

- O substrato deve estar limpo antes de iniciar a aplicação. Não pode haver parte solta ou desagregada, nata de cimento, óleos ou poeira.

4.4.8.3.2 *Preparo do material impermeabilizante*

- Para a aplicação da emulsão asfáltica, misturar o produto com ferramenta limpa, a fim de evitar a contaminação do mesmo.

4.4.8.3.3 *Aplicação*

- Aplicar a primeira demão diluída em água, de acordo com a orientação do fabricante. Aguardar a secagem;
- Aplicar 3 demãos, de forma cruzada, sem diluição e respeitando o consumo por metro quadrado recomendado pelo fabricante. Deve-se também aguardar o tempo de secagem entre as camadas;
- Como a aplicação será realizada por partes (conforme a construção do muro), sobrepor as emendas em pelo menos 10 cm.

4.4.8.3.4 *Proteção mecânica*

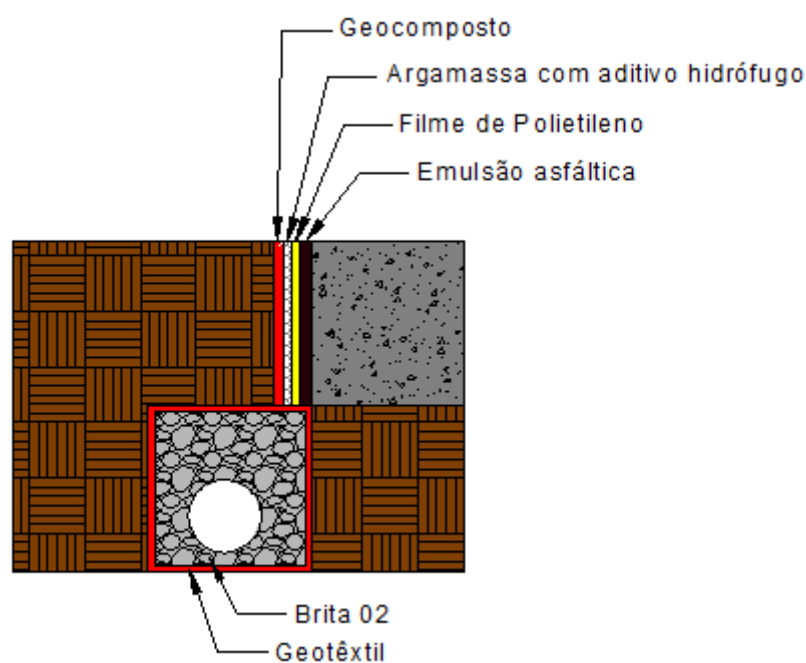
- Colocar um filme de polietileno como camada separadora;
- Aplique uma camada de chapisco, com traço 1:2 (cimento:areia) e aguarde a secagem por 72 h;
- Faça um revestimento de 3 cm de espessura com argamassa com aditivo hidrófugo, com traço de 1:3 (cimento:areia). A preparação e execução é a mesma utilizada para revestimento interno, descrita a seguir.

4.4.8.3.5 Camada drenante

- A contenção deve possuir um projeto de drenagem, que direcione as águas o tubo de drenagem. Por isso deve-se instalar em toda a extensão do muro de contenção o composto geotêxtil. O mesmo irá drenar a água e direcioná-la para o tubo de drenagem, protegendo a impermeabilização contra danos;
- A fixação deverá ser feita de acordo com orientação do fabricante;
- Enrolar o final do geocomposto no tubo de drenagem.

A figura 32 apresenta o detalhe das camadas da impermeabilização do muro de contenção.

Figura 32 - Detalhe da impermeabilização do lado externo do muro de contenção



Fonte: Próprio autor, 2018.

4.4.8.4 Procedimento de execução lado interno

4.4.8.4.1 Preparo do substrato

- O substrato deve estar limpo antes de iniciar a aplicação. Não pode haver parte solta ou desagregada, nata de cimento, óleos ou desmoldantes;
- Umedecer o local de aplicação com auxílio de trincha ou brocha, sem encharcar a superfície;

- Aplique uma camada de chapisco, com traço 1:2 (cimento:areia), sem aditivos, com auxílio do rolo de textura;
- Aguardar a secagem por 72h.

4.4.8.4.2 *Preparo do material impermeabilizante*

- Faça a mistura a seguir em quantidade suficiente para durar no máximo uma hora de aplicação;
- Na amassadeira, misture o cimento e a areia uniformemente, com traço de 1:3 (cimento e areia);
- Dilua o aditivo hidrófugo em água, conforme a recomendação do fabricante;
- Adicione a mistura aos poucos à massa, misturando uniformemente.

4.4.8.4.3 *Aplicação*

- Utilizar argamassa com aditivo hidrófugo, com o mesmo preparo já mencionado como o revestimento interno e externo da parede (traço 1:3) em toda a extensão das cortinas de contenção;
- O revestimento deve ser executado em duas camadas de 1,5 cm. Deve-se evitar a sobreposição de juntas de execução. As camadas devem ser executadas no mesmo dia, caso contrário, a última camada deve ser precedida de chapisco;
- A última camada deve ser alisada com desempenadeira de madeira.

4.4.9 Calhas e Lajes de cobertura dos reservatórios (inferior e superior)

4.4.9.1 *Camadas*

- Camada base;
- Camada de Primer;
- Camada impermeabilizante;

4.4.9.2 *Materiais*

- Emulsão asfáltica;
- Manta asfáltica aluminizada tipo I, com 3 mm de espessura.

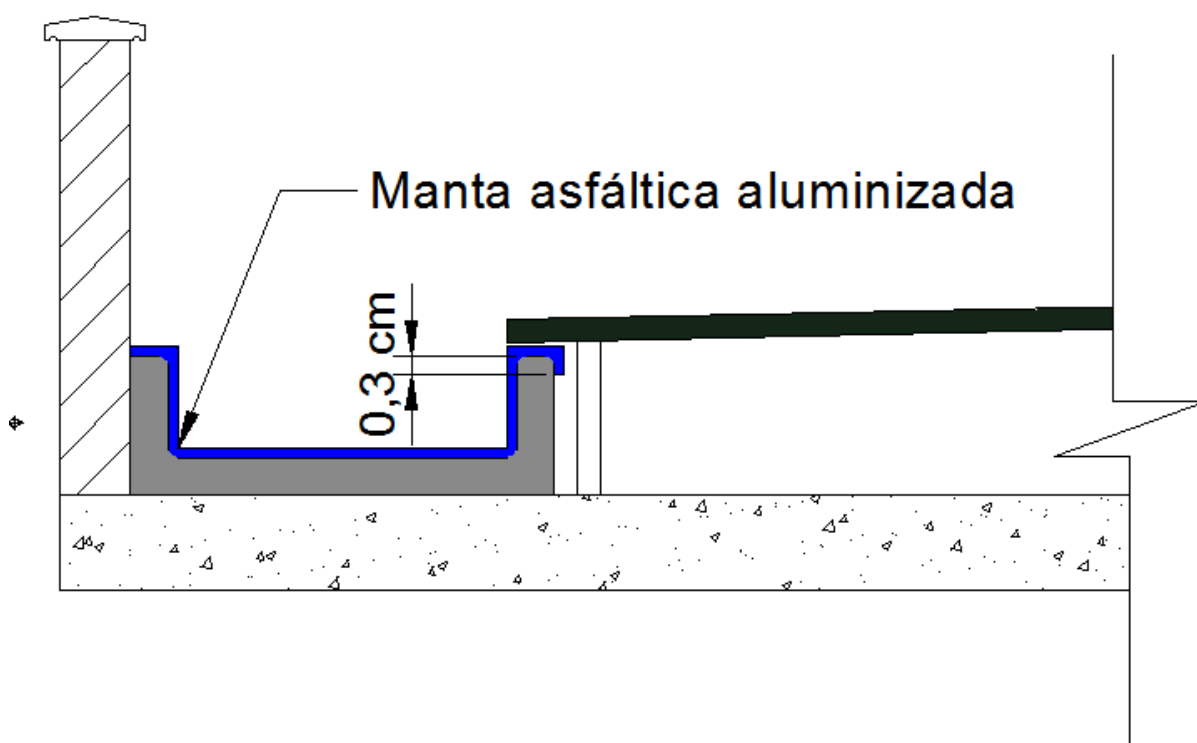
4.4.9.3 Procedimento de execução

Seguir os mesmos procedimentos de execução utilizado para as lajes de cobertura comum, com exceção da proteção mecânica, já que a manta aluminizada dispensa o uso da mesma. Seguir também as seguintes observações:

- Nas calhas, aplicar a manta em toda a superfície, subindo pelas paredes das calhas até sua borda externa;
- As mantas devem ser pressionadas do centro para as bordas, para que não haja formação de bolhas e devem estar sobrepostas 10 cm;

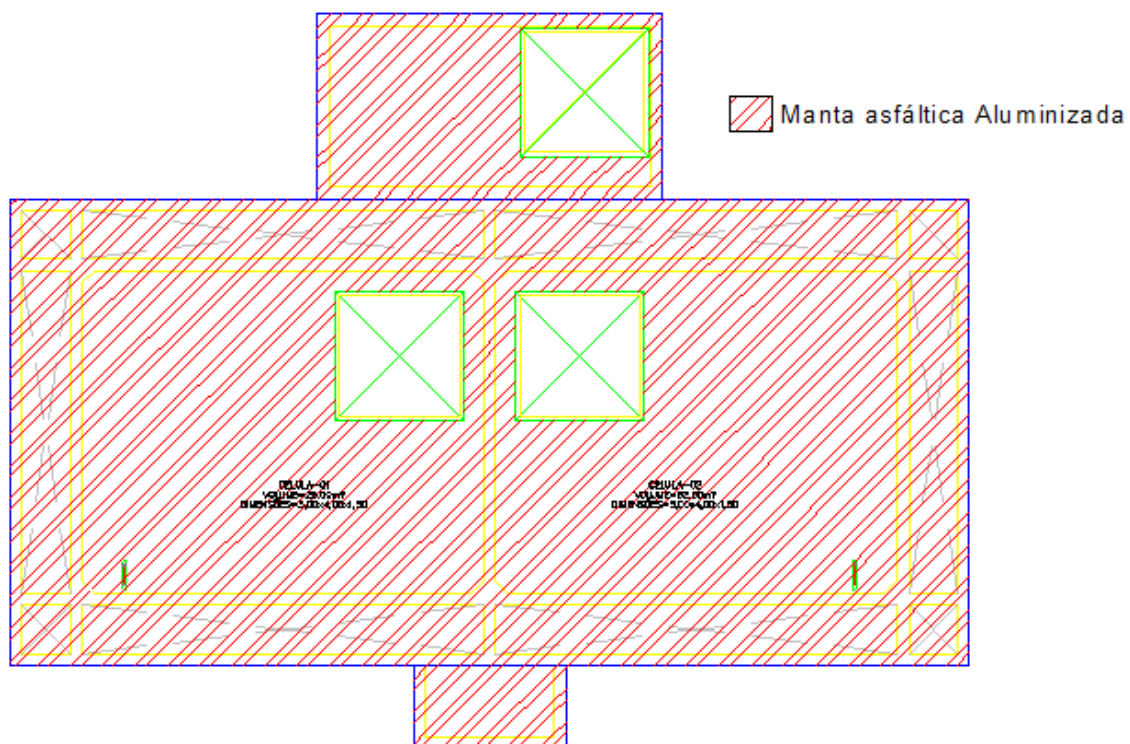
A figura 32 representa o detalhe da impermeabilização das calhas e a figura 33 representa os locais do reservatório inferior que receberão manta asfáltica aluminizada.

Figura 33 - Impermeabilização das calhas



Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 34 - Laje dos reservatórios inferiores



Fonte: Adaptado de UFMA, 2014.

4.4.8 Reservatório inferior

4.4.10.1 Camadas

O sistema adotado é constituído das seguintes camadas:

- Camada de suporte;
- Camada de regularização;
- Camada de argamassa polimérica.

4.4.10.2 Materiais

Os materiais necessários para a execução desse sistema são:

- Cimento especial e Resina Acrílica;
- Par de Luvas;
- Trincha ou Brocha;
- Tesoura;
- Tela de poliéster de 2 mm x 2 mm;
- Emulsão asfáltica.

4.4.10.3 Procedimento de execução

4.4.10.3.1 Procedimentos preliminares

- O serviço deve ser iniciado após a cura completa do concreto, ou seja, a partir de 28 dias;
- Nos encontros das paredes com o piso do reservatório, executar o chanfro a 45 graus;
- As juntas de dilatação e ao redor das tubulações devem receber aplicação de primer e calefação com mastique;
- As tubulações embutidas no concreto não devem possuir emendas;
- As tubulações e ralos devem ser fixadas graute;
- Na ocorrência de jorros de água, tratar com cimento cristalizante de pega ultrarrápida;
- É recomendável fazer o teste de carga d'água antes da impermeabilização, enchendo o reservatório e aguardar 72h, para promover a acomodação da estrutura e verificar o aparecimento de trincas e fissuras e promover o tratamento adequado.

4.4.10.3.2 Preparo do substrato

- O substrato deve estar limpo antes de iniciar a aplicação. Não pode haver parte solta ou desagregada, nata de cimento, óleos ou desmoldantes.
- Promover a limpeza da superfície com escova de aço e água ou jato d'água de alta pressão.
- Na existência de ninchos e falhas, tratar com argamassa de cimento e areia (traço 1:3);

4.4.10.3.3 Preparo do material impermeabilizante

- Despejar a resina acrílica em um balde limpo, e em seguida o cimento polimérico aos poucos, misturando até obter uma massa homogênea;
- Deve ser respeitado o tempo de mistura do fabricante;
- Aplicar em no máximo uma hora após a mistura;
- Nunca adicionar água.

4.4.10.3.4 Aplicação

- Umedecer o local de aplicação com auxílio de trincha ou brocha, sem encharcar a superfície;
- Com o auxílio de trincha, aplicar uma camada uniforme da mistura. A camada deve ser aplicada em todas as laterais do reservatório, inclusive na parte inferior da tampa;
- Após a secagem da primeira camada, as regiões críticas como ao redor dos ralos, cantos, juntas de concretagem, etc., e devem ser reforçadas com tela de poliéster;
- Aplicar a 2ª, 3ª e 4ª demão de forma cruzada, cobrindo completamente a tela de poliéster. Aguardar a secagem entre as mesmas (varia de 2h a 6h, conforme orientação do fabricante) e umedecendo, caso a camada anterior esteja seca;
- Após a secagem da última camada, calafetar com mastique as regiões ao redor dos ralos e tubulações;
- Promover a hidratação por 72h, para evitar fissuras por retração;
- Antes de fazer o aterro do reservatório, aplicar 3 demãos de primer na parede externa do reservatório, que irá impedir a percolação da água sob pressão negativa. As camadas devem ser aplicadas de forma cruzada, e deve-se aguardar o tempo de secagem entre as mesmas.

4.4.10.3.5 Proteção mecânica

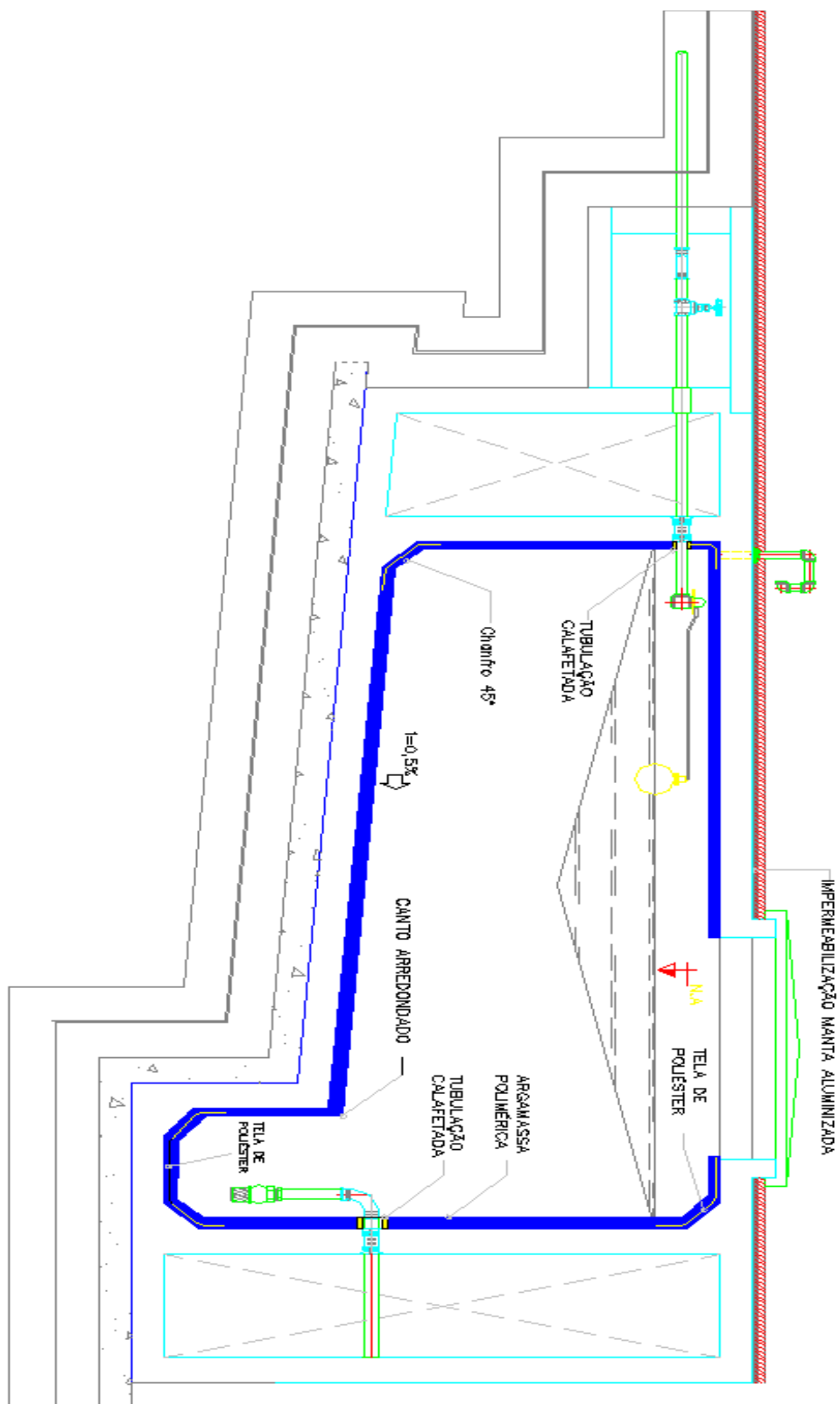
- Não necessita de proteção mecânica.

4.4.10.3.6 Recomendações para uso

- Aguardar no mínimo 7 dias para encher o reservatório;
- Promover a limpeza do mesmo com sabão neutro;
- É recomendável que o carregamento seja feito de forma gradual, enchendo 1/3 do volume do reservatório por dia;
- O primeiro carregamento de água não deve ser utilizado para consumo humano ou animal.

Na figura 35 observa-se em corte a impermeabilização do reservatório inferior.

Figura 35 - Detalhe da impermeabilização do reservatório inferior



Fonte: Adaptado de UFMA, 2014

4.4.11 Reservatório superior

4.4.11.1 Camadas

- Camada de base;
- Camada de impermeabilizante;
- Camada de reforço;
- Camada de impermeabilizante.

4.4.11.2 Materiais

- Membrana de polímero acrílico (pó e resina);
- Graute;
- Adesivo acrílico;
- Mastique;
- Argamassa polimérica.

4.4.11.3 Procedimento de execução

4.4.11.3.1 Procedimentos preliminares

- O serviço só deve ser iniciado após a cura completa do concreto, ou seja, a partir de 28 dias;
- Arredondar arestas e cantos vivos com graute;
- As juntas de dilatação e ao redor das tubulações devem receber aplicação de primer e calefação com mastique;
- As tubulações embutidas no concreto não devem possuir emendas;
- As tubulações e ralos devem ser fixadas graute;
- É recomendável fazer o teste de carga d'água antes da impermeabilização, enchendo o reservatório e aguardar 72h, para promover a acomodação da estrutura e verificar o aparecimento de trincas e fissuras e promover o tratamento adequado.

4.4.11.3.2 Preparo do substrato

- O substrato deve estar limpo antes de iniciar a aplicação. Não pode haver parte solta ou desagregada, nata de cimento, óleos ou desmoldantes;

- Promover a limpeza da superfície com escova de aço e água ou jato d'água de alta pressão;
- Na existência de ninchos e falhas, tratar com graute.

4.4.11.3.3 Preparo do material impermeabilizante

- Despejar a resina acrílica em um balde limpo, e em seguida acrescentar aos poucos o componente em pó, misturando mecanicamente com uma furadeira com haste adaptada, até obter uma massa homogênea.

4.4.11.3.4 Aplicação

- Umedecer o local e aplicar duas camadas de adesivo acrílico, de forma cruzada;
- Com o auxílio de trincha, rolo ou vassoura de cerdas macias, aplicar uma camada uniforme da membrana sobre o substrato úmido, conforme o consumo indicado pelo fabricante. A camada deve ser aplicada em todas as laterais do reservatório, exceto na parte inferior da tampa;
- Após a secagem da primeira camada, incorporar uma tela de poliéster resinada 2 mm x 2 mm, fazendo sobreposição das emendas em 5 cm;
- Aplicar a 2ª, 3ª e 4ª demão de forma cruzada, cobrindo completamente a tela de poliéster. Aguardar o tempo de secagem entre as mesmas;
- Após a secagem da última camada, calafetar com mastique as regiões ao redor dos ralos e tubulações;
- Aplicar 2 demãos de argamassa polimérica no teto do reservatório, para evitar que a água de condensação penetre sobre a mesma e cause danos a estrutura.

4.4.11.3.5 Proteção mecânica

Não necessita de proteção mecânica.

4.4.11.3.6 Teste de estanqueidade

Após o tempo de secagem recomendado pelo fabricante, encher o reservatório com água e aguardar 72h, para detecção de quaisquer falhas no sistema de impermeabilização.

4.4.11.3.7 *Recomendações para uso*

- Aguardar no mínimo 7 dias para encher o reservatório;
- O primeiro carregamento de água não deve ser utilizado para consumo humano ou animal.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS A RESPEITO DO PROJETO

O projeto de impermeabilização é um instrumento que parte de um estudo que deve ser realizado em paralelo com os demais projetos. Portanto, algumas adequações nos demais projetos técnicos podem ser sugeridas pelo projetista.

Os detalhes executivos, ilustrados graficamente neste trabalho devem ser indicados em plantas de localização específicas, para evitar que os mesmos passem despercebidos pelos profissionais na hora da execução.

A especificação dos materiais levou em conta não apenas a viabilidade técnica e econômica, mas também a disponibilidade dos mesmos no mercado e a qualificação da mão de obra local para os serviços.

5 CONCLUSÃO

Para a elaboração de um projeto de impermeabilização, as normas técnicas não são suficientes para suprir as dúvidas do profissional projetista. Muitas informações estão incompletas ou são de difícil compreensão, o que ocasiona muitos erros de execução. Os erros decorrem principalmente da escolha errada do material e da execução incorreta dos detalhes construtivos.

Neste trabalho buscou-se a minimização desses erros, através do conhecimento dos materiais impermeabilizantes e suas propriedades, bem como dos detalhes específicos que remetem aos demais projetos (arquitetura, hidráulico, sanitário e estrutural). Cada um desses projetos tem influência direta no projeto de impermeabilização.

Por conseguinte, buscou-se compreender o escopo de um projeto de impermeabilização, com base nos requisitos normativos. Assim, através de todo o embasamento obtido, pôde-se elaborar um projeto de impermeabilização para a edificação objeto de estudo.

No estudo de caso observou-se a importância do processo referente ao estudo de projetos, para a escolha do sistema de impermeabilização, a elaboração de plantas de localização, os memoriais descritivos de execução, bem como os detalhes gráficos da disposição do sistema de impermeabilização com as interferências devido aos demais projetos.

O projeto elaborado poderá servir de norte para os profissionais de engenharia, porém com a consciência de que cada projeto é único, tanto em especificações, quanto em detalhes.

Observa-se que, a formação e qualificação da mão de obra é um fator que atinge a qualidade do sistema de impermeabilização. A maioria dos sistemas de impermeabilização necessita de um treinamento prévio para garantir uma utilização adequada do material. A mão de obra precisa possuir conhecimentos como tempo de secagem, tempo de cura, forma de aplicação, normas de segurança entre outros.

Por fim, ressalta-se que para garantir a durabilidade e vida útil de qualquer sistema de impermeabilização é necessário que haja manutenção preventiva do mesmo através do plano de manutenção predial da edificação.

REFERÊNCIAS

ACQUA. **Acqua imper: membrana acrílica.** 2018. Disponível em: <<http://www.acquaverde.com.br/membrana-acrilica.php>>. Acesso em: 15 maio 2018.

ARAÚJO, T.D.P. **Impermeabilização.** Notas de aula da disciplina construção de edifícios I – UFC, 2003. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAwEMAL/impermeabilizantes>>. Acesso em: 29 jun. 2017.

ARANTES, Y. K. **Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil.** Belo Horizonte, 2007, 67p. Monografia (especialização em construção civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9574 – **Execução de impermeabilização.** Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575 - **Impermeabilização -Seleção e projeto.** Rio de Janeiro, 2010.

BERNHOEFT, L. F.; MELHADO, P. D. S. B. **A importância da presença de especialista em impermeabilização na equipe multi disciplinar de projetos para durabilidade das edificações.** In: Cinpar, 2010, Córdoba. VI Congresso Internacional Sobre Patologias e Reabilitação de Estruturas. 2010.

CASA DA ÁGUA. **Impermeabilização.** 2018. Disponível em: <<http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/PALESTRA-SISTEMAS-DE-IMPERMEABILIZACAO.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2017.

CICHINELLI, G. **Estanqueidade garantida.** Revista TECHNE, Edição 189, Dez/2012. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/189/estanqueidade-garantida-conheca-os-sistemas-de-impermeabilizacao-cimenticia-e-288006-1.aspx>>. Acesso em: 07 maio 2017.

COLETI, J. C. **Estudo dos sistemas de impermeabilização para floreiras e jardins: como prevenir e corrigir patologias.** Campo Mourão, 2017, 89p. Trabalho de conclusão de curso (graduação em engenharia civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

COPRAS. **Cubiertas e impermeabilizaciones.** 2016. Disponível em: < <http://copras.es/cubiertaseimpermeabilizaciones/>>. Acesso em: 15 maio 2017.

FERREIRA, R. **Conhecendo os impermeabilizantes.** Revista Equipe de Obra, Edição 44, Fev/2012. Disponível em: < <http://equipededeobra.pini.com.br/construcao-reforma/44/conhecendo-os-impermeabilizantes-veja-quais-sao-os-sistemas-de-245388-1.aspx>>. Acesso em: 07 jul. 2017.

FRANCO, L.S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não-armada.** São Paulo, 1992, 306p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

FREIRE, M. A. **Métodos executivos de impermeabilização de um empreendimento comercial de grande porte.** Rio de Janeiro, 2007, 72p. Projeto de Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade do Rio de Janeiro.

GABRIOLI, J.; THOMAZ, E. **Impermeabilização de fundações e solos.** Revista Técnica, Edição 67, Out/2002. Disponível em: < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/67/artigo287243-1.aspx> >. Acesso em: 16 maio 2017.

IBI - Instituto Brasileiro de Impermeabilização. **Como impermeabilizar com argamassa polimérica.** 2018. Disponível em: < <http://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/01/Como-Imperm.-com-Argamassa-Polimerica-1.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2018.

IBI - Instituto Brasileiro de Impermeabilização. **Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Impermeabilização.** 2012, 56p. Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABGWoAF/manual-impermeabilizacao>>. Acesso em: 21 maio 2018.

IBI - Instituto Brasileiro de Impermeabilização. **Projeto, Produtos e Aplicação.** 2017. Disponível em: < <http://www.ibibrasil.org.br/projetos>>. Acesso em: 08 jul. 2017.

MELLO, L. S. L. **Impermeabilização – materiais, procedimentos e desempenho.** São Paulo, 2005, 43 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil com ênfase Ambiental) – Universidade Anhembi Morumbi.

MORAES, C.R.K. Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre. 2002, 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 2002.

MOREIRA, K. A. W. **Sistemas de impermeabilização de estruturas**, 2010. Disponível em < <https://vespedi3.files.wordpress.com/2010/06/aula-mro-09-impermeabilizacao-estruturas.pdf>>. Acesso em: 17 jun 2017.

OLIVEIRA, L. A.; MITIDIERI FILHO, C. V. O Projeto de Edifícios Habitacionais Considerando a Norma Brasileira de Desempenho: análise aplicada para as vedações verticais. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 7, n. 1, p. 90-100, 2012.

PEREZ, A. R. Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas. In: **Tecnologia de edificações**. São Paulo: Ed. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1988. p. 571-578.

PEZZOLO, V. **Impermeabilização com manta asfáltica**. Revista Techne, Edição 127, Out/2007. Disponível em: < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/127/artigo287484-1.aspx>>. Acesso em: 17 maio 2018.

PINHEIRO, R. C. B. **Projeto de impermeabilização: análise de mercado com foco no projeto**. João Pessoa, 2014, 85p. TCC (MBA em gerenciamento de obras e tecnologia da construção) – Universidade Cidade de São Paulo.

PROGRAMA CONSTRUMIX. **O que é manta asfáltica?**. 2012. Disponível em: < <https://construmixtv.wordpress.com/2012/02/23/o-que-e-manta-asfalticas/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

ROCHA, A.P. **Estanqueidade moldada – Aplicação de sistemas de impermeabilizantes in loco exige maior controle da mistura e da execução**. Revista TECHNE, Edição 177, Dez/2011. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/177/estanqueidade-moldada-aplicacao-de-sistemas-de-impermeabilizantes-in-loco-286880-1.aspx>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

ROCHA, E.S. **Estudo de boas técnicas executivas para otimização de revestimentos de fachada**. Rio de Janeiro, 2016, 72p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

RIGHI, G. V. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: Patologias, prevenções e correções — Análise de casos.** Santa Maria, 2009, 95p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria.

SCHÖNARDIE, C.R. **Análise e tratamento das manifestações patológicas por infiltração em edificações.** Ijuí/RS, 2009, 84 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

SCHREIBER, P. A. A. **Impermeabilização de lajes de cobertura: caracterização, execução e patologias.** Belo Horizonte, 2012, 68 p. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.

SOARES, F. F. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil.** Rio de Janeiro, 2014, 120 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SOUZA, F.C., PASCOAL, I.R., BOASQUIVES, V.B. **Impermeabilização de lajes com uso de manta asfáltica:** Estudo de caso no tratamento de infiltração em laje de cobertura. Governador Valadares, 2011, 116 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Vale do Rio Doce.

SOUZA, J. C. S. MELHADO, S. B. **Considerações gerais sobre os sistemas de impermeabilização dos pisos do pavimento-tipo de edifícios.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/196. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. 31 p.

SOUZA, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações.** Belo Horizonte, 2008, 68p. Monografia (Especialização em Construção Civil: Avaliações e Perícias). Departamento de Engenharia de Materiais de Construção, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

STAHLBERG, F. L. B. **Fluxograma para seleção de sistemas de impermeabilização para edifícios de múltiplos pavimentos.** 2010. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

UFMA. **Projetos do Institutos das Engenharias II.** Projeto Arquitetônico. Arquiteto: Antônio Araújo Costa. 2012.

UFMA. **Projetos do Institutos das Engenharias II.** Projeto do poço do elevador. Aprovado por: Maria de Lourdes Trindade. 2014.

UFMA. **Projetos do Institutos das Engenharias II.** Projeto hidráulico. 2014.