

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE
IMPERMEABILIZAÇÕES COM USO DE SISTEMA NÃO
ADERIDO DE MANTAS ASFÁLTICAS: AVALIAÇÃO E
ANÁLISE COM AUXÍLIO DE SISTEMA MULTIMÍDIA**

Júlio Henrique Pinto Cruz

Porto Alegre
agosto 2003

JÚLIO HENRIQUE PINTO CRUZ

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE
IMPERMEABILIZAÇÕES COM USO DE SISTEMA NÃO
ADERIDO DE MANTAS ASFÁLTICAS: AVALIAÇÃO E
ANÁLISE COM AUXÍLIO DE SISTEMA MULTIMÍDIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Engenharia na modalidade Acadêmico

Porto Alegre
agosto 2003

JÚLIO HENRIQUE PINTO CRUZ

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE
IMPERMEABILIZAÇÕES COM USO DE SISTEMA NÃO
ADERIDO DE MANTAS ASFÁLTICAS: AVALIAÇÃO E
ANÁLISE COM AUXÍLIO DE SISTEMA MULTIMÍDIA**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 02 de outubro de 2003

Prof. Hélio Adão Greven
Dr.-Ing. pela Universität Hannover (Alemanha)
Orientador

Prof. Américo Campos Filho
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Profa. Angela Borges Masuero (U.F.R.G.S.)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Benamy Turkienicz (U.F.R.G.S.)
PhD pela Chalmers University of Technology (Suécia)

Profa. Carin Maria Schmitt (U.F.R.G.S.)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Agradecimentos

Meu especial agradecimento a minha esposa Cloé e a meus filhos Juliana, Joana e Antônio, por toda sua complascência.

Muito grato ao Prof. Hélio A. Greven que puxou para si o peso desta extensa orientação.

Aos professores e amigos Benamy Turkienicz, Valdeni de Lima e Sérgio Ussan, por sua atenção, colaboração e incentivo.

Ao bom Deus, pela força.

RESUMO

CRUZ, J.H.P. **Manifestações patológicas de impermeabilizações com uso de sistema não aderido de mantas asfálticas: avaliação e análise com auxílio de sistema multimídia.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Este trabalho tem por objetivo avaliar as manifestações patológicas decorrentes de insucesso na impermeabilização de laje de cobertura plana horizontal que ocorrem em função da forma como a etapa de projeto é desenvolvida. A metodologia consistiu em proceder pesquisa de campo com o propósito de avaliar a formação técnica dos profissionais que atuam nesta área específica da construção civil. A estratégia adotada foi a de, inicialmente, com o auxílio do Ministério de Educação e Cultura, cadastrar as Faculdades de Engenharia Civil e Arquitetura das principais Universidades Públicas e Privadas brasileiras. Posteriormente foi feita investigação dentre as empresas construtoras da Região da Grande Porto Alegre que, amiúde, contratam prestadoras de serviços de impermeabilização para execução de suas obras, e empresas prestadoras de serviços sediadas na mesma região, procurando identificar quais seus procedimentos em relação à NBR 9575/98 - "Projeto de Impermeabilização". A aplicação dos conhecimentos obtidos da revisão bibliográfica, e posterior sistematização dos conceitos e das recomendações dadas pela Norma supra referida, tornou possível, através da realização de trabalho de campo, constatar casos de desconhecimento e não observância daquelas diretrizes e, fruto desta desatenção, a contribuição para o surgimento de patologias de impermeabilização. Por último, foi produzido um *software* (CD-ROM) com o propósito de ensinar de forma didática, através de informações audiovisuais, as técnicas de aplicação e a identificação dos componentes do sistema de impermeabilização, orientando na escolha das alternativas mais adequadas, de acordo com as normas vigentes.

Palavras-chave: sistemas de impermeabilização; manifestações patológicas; projeto de impermeabilização.

ABSTRACT

CRUZ, J.H.P. Pathological manifestations of waterproofings with use of system not adhered of asphalt blankets: evaluation and analysis with multimedia aid of system.
2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

This study targets to evaluate the pathologic manifestations that can happen during project phase and are responsible for unsuccessful waterproofing of plane horizontal top floor. The methodology consisted on field research evaluating the technical skills of the professionals working in this specific area of civil construction. Using the help of Ministério de Educação e Cultura the adopted strategy started by listing the main civil engineering and architecture public and private universities. Additionally, investigating the most active construction and service companies of the surrounding area of the city of Porto Alegre regarding their procedures with the NBR 9575/98 Standard – “Waterproofing Project”. The information obtained through bibliographic research, key concepts and comments stated at the Standard made possible identify at sight the cases of lack of information and observation of the main directives which contributes to cause pathologies on waterproofing. At last, was the development of a software to teach in academic way with audio-visual tools, the application and identification of the components of waterproofing systems orienting the choice of the most adequate techniques according to the ruling standards.

Key words: waterproofing systems; pathologic manifestations on waterproofing; waterproofing project.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	p.13
1.1 IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA	p.14
1.2 OBJETIVOS	p.16
1.2.1 Objetivo geral	p.16
1.2.2 Objetivo Específico	p.16
1.4 MÉTODO DE PESQUISA	p.17
2 COBERTURAS EM CONCRETO ARMADO	p.18
2.1 COBERTURAS PLANAS	p.18
2.1.1 Coberturas planas horizontais	p.19
3 MECANISMOS DE INFILTRAÇÕES	p.23
3.1. ASPECTOS ESTRUTURAIS	p.24
3.1.1 Estrutura Portante	p.24
3.1.2 Fissuras	p.26
3.2 ASPECTOS CONSTRUTIVOS	p.26
3.3 ASPECTOS TÉRMICOS	p.30
3.4 CONSEQÜÊNCIAS DAS INFILTRAÇÕES	p.32

3.4.1 Umidade	p.32
3.4.2 Danos causados pela umidade	p.35
4 IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS EM CONCRETO	p.41
4.1 METODOLOGIA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	p.41
4.2 SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO	p.42
4.2.1 Sistema de Mantas ou Industrializado (pré-fabricado)	p.44
4.2.1.1 Mantas Asfálticas	p.44
4.2.1.2 Sistemas de aplicação	p.48
4.2.2 Sistema Rígido	p.50
4.2.3 Sistema Laminar ou de Pintura	p.51
4.3 PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO	p.52
4.3.1 Generalidades	p.52
4.3.2 Execução do Projeto de Impermeabilização	p.53
4.3.2.1 Características gerais	p.53
4.3.2.2 Substrato a ser impermeabilizado	p.54
4.3.2.3 Condições impostas à impermeabilização	p.55
4.3.2.4 Detalhes construtivos	p.56
4.3.2.5 Ensaio hidráulico	p.71

4.3.2.6 Camada de separação	p.71
4.3.2.7 Proteção da impermeabilização	p.71
4.3.2.8 Projetos interferentes no projeto de impermeabilização	p.73
4.4 TÉCNICA DE EXECUÇÃO (SISTEMA NÃO ADERIDO)	p.76
4.4.1 Planejamento das seqüências de execução	p.78
4.4.2 Execução da impermeabilização	p.80
4.4.3 Teste hidrostático	p.83
4.4.4 Execução de camada de separação	p.84
4.4.5 Execução de isolamento térmico	p.85
4.4.6 Execução de proteção mecânica provisória	p.86
4.4.7 Execução de proteção mecânica final	p.92
4.5 DURABILIDADE DA IMPERMEABILIZAÇÃO	p.94
4.6 FALHAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO	p.95
4.6.1 Causas das falhas de impermeabilização	p.96
4.6.2 Cuidados para evitar falhas de impermeabilização	p.100
4.6.3 Manifestações patológicas	p.103
5 ENSAIO	p.114
5.1 COLETA DE DADOS	p.114

5.2 AVALIAÇÃO DE EMPRESAS	p.117
5.3 AVALIAÇÃO DE DISCENTES	p.120
5.4 TESTE QUI-QUADRADO	p.121
5.4.1 Conclusões das análises realizadas.....	p.124
5.5 PROTÓTIPO	p.125
5.5.1 Instalação	p.126
5.5.2 Configurações	p.126
5.5.3 Instruções de uso do <i>software</i>	p.127
6 CONCLUSÕES	p.130
6.1 MULTIMÍDIA	p.132
6.2 SUGESTÕES PARA NOVOS ESTUDOS	p.132
REFERÊNCIAS	p.134
Anexo A: Instrumentos da pesquisa	p.138
Anexo B: Lista de Normas Técnicas - Impermeabilização	p.164

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: casas Dominó (1914) projetadas por Le Corbusier (Boesiger, 1926)	p.19
Figura 2: execução de piscina em cobertura	p.20
Figura 3: construção de novos compartimentos em cobertura	p.20
Figura 4: execução de áreas ajardinadas	p.21
Figura 5: infiltração de água por conduíte elétrico	p.23
Figura 6: manifestação patológica em coletor pluvial sobre a impermeabilização	p.27
Figura 7: rodapé sem encaixe para impermeabilização	p.28
Figura 8: manifestação patológica pela falta de proteção em tubulações que aflorem da laje	p.28
Figura 9: falta de desnível entre níveis interno e externo.....	p.29
Figura 10: junta de dilatação em laje de cobertura	p.29
Figura 11: execução da proteção mecânica tem por finalidade evitar danos à impermeabilização	p.30
Figura 12: manifestação patológica de impermeabilização originando mofo	p.36
Figura 13: eflorescência dando origem às estalactites	p.37
Figura 14: manifestação patológica causando deterioração dos materiais	p.38
Figura 15: manifestação patológica de impermeabilização causando destruição da pintura	p.39
Figura 16: mantas asfálticas para impermeabilização	p.44
Figura 17: representação esquemática de manta asfáltica com armadura	p.46
Figura 18: manta asfáltica não aderida	p.49
Figura 19: aplicação de emulsão asfáltica em laje de cobertura	p.51
Figura 20: representação gráfica da inclinação do substrato	p.57
Figura 21: representação gráfica de ralo	p.58
Figura 22a: representação gráfica de ancoragem	p.59
Figura 22b: representação gráfica de ancoragem.....	p.60
Figura 23: representação gráfica de soleira	p.61

Figura 24: representação gráfica de chumbamento	p.62
Figura 25: representação gráfica de cota de nível	p.63
Figura 26: representação gráfica de passagem de tubulação	p.64
Figura 27: representação gráfica de junta de trabalho	p.65
Figura 28: representação gráfica de junta de dilatação	p.66
Figura 29: representação gráfica de paramento vertical	p.67
Figura 30: representação gráfica de pingadeira	p.68
Figura 31: representação gráfica de canto	p.69
Figura 32: representação gráfica de passagem de tubulação em viga invertida	p.70
Figura 33: etapas de execução de ralo coletor	p.81
Figura 34: impermeabilização de junta de dilatação	p.82
Figura 35: teste hidrostático em execução	p.83
Figura 36: execução de camada de separação com utilização de papel <i>kraft</i>	p.84
Figura 37: isolamento térmico com placas de poliestireno expandido moldado	p.86
Figura 38: manifestação patológica resultante da falta de proteção adequada da manta asfáltica	p.87
Figura 39: manifestação patológica por falta de execução de piso final	p.89
Figura 40: fissura em piso cimentado proveniente da falta de mastique entre as juntas	p.93
Figura 41: manifestação patológica decorrente da falta de previsão de juntas de dilatação	p.93
Figura 42: materiais pontiagudos podem causar danos à impermeabilização	p.96
Figura 43: excessiva colocação de entulho e equipamentos sobre a impermeabilização	p.97
Figura 44: execução de peças emergentes agredindo impermeabilização existente	p.97
Figura 45: são comuns os ferimentos na impermeabilização quando da troca de piso	p.97
Figura 46: solda com maçarico a gás pode agredir a manta asfáltica	p.98
Figura 47: queda de objetos pode causar manifestação patológica	p.98
Figura 48: manifestação patológica por desleixo do usuário	p.99
Figura 49: camada de regularização não deve possuir saliências e reentrâncias	p.100

Figura 50: execução de camada separadora evita danos à impermeabilização	p.101
Figura 51: execução da proteção mecânica possibilita o trânsito do pessoal de obra	p.101
Figura 52: altura do rodapé deve estar no mínimo a 20 cm do piso	p.102
Figura 53: as soleiras devem possuir desnível mínimo de 6 cm do piso pronto	p.102
Figura 54: danos à impermeabilização durante execução da obra	p.103
Figura 55: envelhecimento precoce da manta	p.104
Figura 56: floreiras requerem cuidados com a altura do rodapé	p.105
Figura 57: manifestação patológica por deslocamento da impermeabilização	p.105
Figura 58: execução de tela de estuque em rodapé	p.106
Figura 59: manifestação patológica por tubulação embutida em enchimento na laje	p.106
Figura 60: manifestação patológica por movimentação térmica e/ou estrutural	p.107
Figura 61: manifestações patológicas advindas da platibanda, via ponto de luz	p.107
Figura 62: manifestação patológica por falta de aplicação de material vedante	p.108
Figura 63: platibanda com bloco de concreto/tijolo furado, passível de manifestação patológica	p.108
Figura 64: surgimento de manifestação patológica devido a falta de desnível	p.109
Figura 65: movimentação do piso de acabamento ocasiona manifestação patológica	p.109
Figura 66: passo na execução de junta de dilatação	p.110
Figura 67: manifestação patológica por descuido do pessoal da obra	p.110
Figura 68: obra em cobertura, posterior à impermeabilização	p.111
Figura 69: deque de piscina ocasionando manifestação patológica	p.111
Figura 70: conhecimento da NBR 9575/98 – Empresas Prestadoras de Serviço	p.116
Figura 71: conhecimento da NBR 9575/98 – Empresas Construtoras	p.117
Figura 72: contratação de Projeto de Impermeabilização – Empresas Prestadoras de Serviços	p.117
Figura 73: contratação de Projeto de Impermeabilização – Empresas Construtoras	p.118
Figura 74: média de acertos nas questões de detalhes construtivos	p.120
Figura 75: detalhes construtivos - TESTE A	p.121

Figura 76: detalhes construtivos - TESTE B p.122

Figura 77: detalhes construtivos - TESTE C p.122

1 INTRODUÇÃO

A estanqueidade à água é um item que visa basicamente garantir a não penetração de água através dos elementos da edificação para que a habitação tenha um bom desempenho. A impermeabilização, conforme Trauzzola (1998), é considerada uma barreira física, com a finalidade de evitar a percolação da água indesejável, ou de dirigi-la para os pontos de escoamento fora da área que se deseja proteger. Tem, também, outra finalidade muito importante, que é proteger os materiais construtivos da edificação contra sua possível degradação, resultante da presença de agentes agressivos como água e umidade. O descaso na tomada de atitudes na utilização da impermeabilização, como proteção contra os efeitos patológicos originários da presença de água e umidade, faz com que aumentem os registros das manifestações patológicas. No mercado de impermeabilização, pouco se estudou a respeito destas manifestações com a devida importância, pois elas estão atreladas ao custo da manutenção das edificações.

Para que se compreenda melhor a importância da impermeabilização em terraços, Moraes (2002) observa que se faz necessário um rápido comentário a respeito desta parte da edificação, tendo em vista a possibilidade de uso das áreas externas das coberturas planas. Os terraços são áreas muito sensíveis às condições ambientais de insolação direta, agentes poluentes agressivos, deformações devido a cargas de serviço, recalque de fundações e pelo próprio trânsito de pessoas. Portanto, devem receber atenção especial quando da concepção de seus projetos arquitetônicos, projetos complementares e projetos de impermeabilização.

A inexistência do projeto de impermeabilização tem sido uma das maiores causas de insucessos na estanqueidade de uma obra. No entanto, algumas construtoras já encaram a impermeabilização como um serviço especializado, onde os detalhes construtivos são importantes no desempenho do sistema impermeabilizante, passando a exigir dos projetistas um detalhamento dos serviços de impermeabilização.

1.1 IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA

Apesar disto, os cursos de Engenharia e Arquitetura ainda seguem a linha tradicional de ensino, com aulas essencialmente expositivas. São raros os profissionais desta área que não fazem uso de algum computador no seu cotidiano, seja apenas como uma ferramenta complementar de suas tarefas de escritório, ou como meio essencial de expor sua criatividade, como os aplicativos CAD (Computer Assisted Design).

No que diz respeito ao tema voltado às infiltrações, a situação é ainda mais crítica, pois, além de não existir nenhuma ferramenta de auxílio ao profissional, apenas uma minoria dos cursos nacionais de graduação oferece alguma disciplina específica sobre o assunto. Isto se reflete no cotidiano da construção civil, onde a falta de informações induz profissionais ao uso incorreto de materiais que contemplem a estanqueidade ou, simplesmente, ao descaso.

Esta situação expõe um mercado potencial e extremamente carente de ferramentas tecnológicas específicas para atividades da construção civil, como aquelas voltadas ao tema impermeabilização. Todavia, este mercado deve ser atingido de forma adequada, dando-lhe ferramentas que não sejam apenas uma transcrição de livros para leitura em computador, mas uma forma verdadeiramente nova de ensino e reciclagem de profissionais.

Na busca deste intento e para demonstrar a viabilidade da proposta apresentada nesta dissertação foi tomada a decisão de implementar um *software* (CD-ROM), protótipo com grande capacidade de informações, apto a identificar as interfaces entre os componentes do sistema de impermeabilização, voltado à comunidade discente (áreas de Arquitetura e Engenharia), objetivando ensinar de forma didática, através de informações audiovisuais, as técnicas de aplicação e a identificação dos componentes daquele sistema e orientando na escolha das alternativas mais adequadas, de acordo com as normas vigentes.

O protótipo, denominado "MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM COBERTURAS DE EDIFICAÇÕES DEVIDO À INEXISTÊNCIA DO PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO", embora não cumpra totalmente seus fins utilitários, atende a muitos princípios da proposta e permite que seja utilizado como experimento em um exercício real.

O trabalho procura ressaltar, também, que dentre as exigências mínimas estabelecidas no documento DP/6241 (International Organization for Standardization, 1984), consta o

desempenho quanto à estanqueidade, item que visa, basicamente, garantir a não penetração da água através dos elementos da edificação. Os métodos de avaliação existentes incluem a realização de ensaios de permeabilidade da água através dos elementos da edificação, ou seja, nas alvenarias, pisos e coberturas. Um método que pode ser adotado para se analisar o comportamento da estanqueidade das habitações é o de se estudar as manifestações patológicas encontradas habitualmente, de forma a se evitar as ocorrências. Para isto, foram estudadas algumas manifestações patológicas com o intuito de confirmar a hipótese.

A impermeabilização é considerada uma barreira física, cuja finalidade é a de evitar a água que penetra por capilaridade, a água de chuva que infiltra sob a pressão dos ventos, a percolação d'água indesejável, ou de dirigi-la para os pontos de escoamento fora da área que se deseja proteger. A impermeabilização, entretanto, tem também outra finalidade importante que é a de dar proteção aos materiais construtivos da edificação contra sua possível degradação, resultante da presença de agentes agressivos como a água, umidade e vapores.

Trauzzola (1998) comenta que no Brasil, a partir da década de 60, o volume de construções aumentou de forma significativa, tanto na área habitacional como nas áreas industrial e pública, como resultado do crescimento econômico do país. O somatório dos dados relativos à falta de controle de qualidade da obra, projetos inadequados, profissionais despreparados, qualidade inferior de materiais de construção, mão-de-obra não profissionalizada e cronogramas inexecutáveis, culminaram com uma baixa qualidade de construção, ocasionando, até hoje, altos custos de manutenção provenientes dos problemas patológicos, agravados pelo envelhecimento natural da construção.

Sabe-se, no entanto, segundo Moraes (2002), que dentre os principais responsáveis pelos insucessos da impermeabilização estão:

- a) falta do Projeto de Impermeabilização;
- b) mão-de-obra desqualificada ou pouco treinada;
- c) uso de materiais não normalizados;
- d) preparação inadequada do substrato;
- e) caimentos insuficientes para os coletores pluviais;

- f) interferência dos projetos arquitetônico, estrutural, elétrico, hidráulico e paisagístico na impermeabilização;
- g) trânsito não previsto sobre a impermeabilização;
- h) construção sobre laje já impermeabilizada.

Portanto, os aspectos acima apontados justificam a elaboração de um trabalho que está incluído na área de pesquisa em Engenharia Civil, sub-área da Construção, vinculado à área de Informática Aplicada e que se refere, fundamentalmente, a problemas de estanqueidade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é o desenvolvimento de um Sistema Multimídia para avaliação e análise das manifestações patológicas de impermeabilização, para fins didáticos, que fazem uso de mantas asfálticas no sistema não aderido.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) análise das manifestações patológicas ocorridas em laje de cobertura plana horizontal que utiliza manta asfáltica em sistema não aderido, devido a não atenção à NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998);
- b) sistematização do conhecimento existente e disponível nessa área de estudo, enriquecendo-o através das informações audiovisuais;
- c) disponibilização, aos usuários das bibliotecas das Escolas de Arquitetura e Engenharia, de contribuição na ampliação e aprimoramento das informações didáticas disponíveis.

1.3 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa desenvolveu-se, basicamente, em três fases distintas:

- a) de conceituação;
- b) de desenvolvimento do sistema;
- c) de validação do sistema.

No desenvolvimento da primeira etapa de pesquisa, ou Fase de Conceituação, foram realizadas as primeiras entrevistas com especialistas na área de Impermeabilização, a elaboração de imagens fotográficas relativas às observações de campo (obras em execução) e a coleta bibliográfica dos detalhes específicos. Trata-se de uma fase de fundamental importância, na qual ficam identificados os limites de atuação do sistema.

A segunda fase, ou Fase de Desenvolvimento do Sistema, diz respeito à aquisição detalhada do conhecimento, da implementação do sistema e interface com o usuário através da utilização de conceitos de ensino à distância¹, que tem por objetivo:

- a) democratizar o acesso ao conhecimento;
- b) atendimento aos alunos dispersos geograficamente e residentes em locais onde não haja instituições convencionais de ensino;
- c) igualdade de oportunidades educativas, de modo especial para as pessoas que não puderam iniciar ou concluir seus estudos;
- d) incentivar a educação permanente;
- e) promover um ensino superior e de qualidade;
- f) buscar um sistema educativo inovador, por sua sistemática e recursos didáticos instrucionais e de multimídia;
- g) comunicação bidirecional freqüente como garantia para uma aprendizagem.

¹ "O ensino à distância é um tipo de método de instrução em que as condutas docentes acontecem a parte das discentes, de tal maneira que a comunicação entre o Professor e o aluno se possa realizar mediante textos impressos, por meios eletrônicos, mecânicos ou por outras técnica". Moore (1996).

2 COBERTURAS EM CONCRETO ARMADO

De acordo com Picchi (1986) as coberturas em concreto armado representam uma técnica bastante recente dentro da história da arquitetura e surgem como uma opção desde os primórdios da utilização do concreto armado, na forma de lajes tipo cogumelo (são aquelas que se apoiam diretamente sobre os pilares, sem vigas), de cascas cilíndricas, ou de lajes planas.

Estas propostas marcaram a influência sobre nossos arquitetos, podendo hoje ser observadas no Brasil diversas coberturas de concreto, sejam planas, em abóbodas ou cúpulas, utilizadas em edifícios habitacionais, industriais ou serviços.

Quanto à forma, as coberturas em concreto armado classificam-se em:

- a) planas: dentre as coberturas planas temos as horizontais, o foco deste estudo, e as inclinadas. Quanto às inclinadas, o Centre Scientifique Et Technique Du Batiment, França, divide-as em três grupos: as de inclinação de 1% a 5%, incluindo o limite superior; as de inclinação entre 5% e 15%, também incluindo o limite superior e as de inclinação maior que 15%. Deve-se ressaltar que a NBR 9574 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986) exige que a superfície a ser impermeabilizada possua caimento de, no mínimo, 1% em direção aos coletores de águas pluviais.
- b) curvas: as coberturas curvas poderão ter curvatura simples ou curvatura dupla, sendo possível ser catalogada uma grande variedade de formas, tanto num grupo quanto em outro.
- c) complexas: pode-se citar dentro deste grupo as coberturas constituídas por elementos planos, as coberturas obtidas pela reunião de elementos idênticos e as coberturas onduladas, observando-se que estas variações de forma geram diferentes solicitações sobre a impermeabilização.

2.1 COBERTURAS PLANAS

2.1.1 Coberturas planas horizontais

Os poucos anos de uso das lajes planas, criadas por Le Corbusier em 1914 (Boesiger, 1976) com o projeto das Casas Dominó (figura 1), e do próprio concreto armado ou protendido, não só no Brasil, mas em todo o mundo, contrastam com os milhares de anos durante os quais o homem aperfeiçoou as coberturas do tipo telhado.

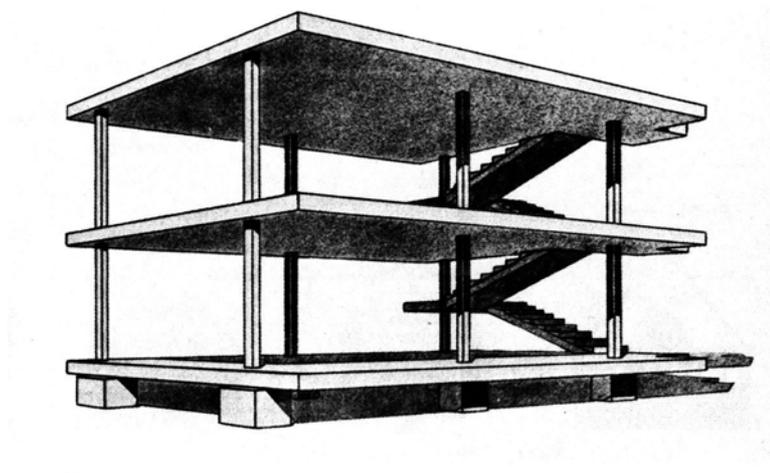


Figura 1: casas Dominó (1914) projetadas por Le Corbusier (Boesiger, 1976)

Contrastando com os telhados, as lajes planas apresentam diferenças fundamentais a partir da própria concepção. A pequena experiência, bem como, em alguns casos, a falta de estudos mais criteriosos levaram as coberturas em concreto, durante um certo período, a um descrédito, principalmente por falhas de impermeabilização e falta de uma correção térmica adequada. Pode-se, entretanto, afirmar que os avanços tecnológicos nesses campos possibilitam hoje, em nosso país, soluções bastante confiáveis.

Partindo-se do pressuposto do controle dos problemas citados, pode-se apontar algumas características, específicas das coberturas em lajes horizontais:

- a) recuperação do espaço ocupado do solo com uso, por exemplo, de piscinas (figura 2) e possibilidades de construção de novos compartimentos como, por exemplo, salão de festas (figura 3) e outros;
- b) oferecimento de piso suplementar que pode ser utilizado como área de apoio das funções da edificação (figura 4);
- c) inexistência de restrições para adaptação a plantas recortadas e irregulares;
- d) oferecimento de piso que pode ser utilizado em caso de incêndio para manobras de ataque ao fogo ou de salvamento;
- e) facilidade de acesso e trânsito para manutenção da própria cobertura, de equipamentos e caixas d'água, que estejam sobre a mesma.



Figura 2: execução de piscina em cobertura.



Figura 3: construção de novos compartimentos em cobertura.



Figura 4: execução de áreas ajardinadas

Dentre as coberturas planas apresentam-se as horizontais e as inclinadas. Deve-se ressaltar que a NBR 9574 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986) exige que a superfície a ser impermeabilizada possua caimento de, no mínimo, 1% em direção aos coletores de águas pluviais. Desta forma, para fins de análise das ações provocadas pela inclinação da cobertura sobre a impermeabilização, a cobertura horizontal terá o mesmo comportamento que as coberturas planas de pequena inclinação (1% a 5%). Ao discorrerem sobre coberturas planas, Cunha e Neumann (1979) observam que por cobertura plana entende-se qualquer superfície em nível exposta ao tempo: terraço, varanda, pátio de estacionamento, cobertura de subsolo, etc.

O crescente emprego de concreto aparente trouxe sérios problemas para a execução da impermeabilização dos rodapés. Em elevado percentual dos casos não é feita a previsão para o arremate da impermeabilização, exigindo soluções de última hora, quase sempre falhas. Uma mureta de peitoril em concreto precisa ser construída com rebaixo pois os ferros próximos à superfície impedem sua execução *a posteriori*.

Em uma impermeabilização, seja qual for o processo, deve-se evitar o seu término no plano vertical do peitoril. Neste caso, a água poderá penetrar por detrás da impermeabilização, pois esta acabará, a longo prazo, por se afastar da parede. Quando não se pode embutir a borda, a solução é levar a impermeabilização até o topo da mureta.

No que se refere à juntas de dilatação, elas são definidas como sendo uma separação entre duas partes de uma estrutura para que estas partes possam movimentar-se, uma em relação à outra, sem que haja qualquer transmissão de esforço entre elas.

Em suas considerações sobre as coberturas planas, Pirondi (s/d) observa que além da maior facilidade para utilização plena da edificação existem maiores possibilidades de controle de temperatura e níveis de umidade internas. O problema eventual, que pode acontecer nas coberturas planas, via de regra, será algum gotejamento perfeitamente localizado, quase sempre oriundo de um dano na impermeabilização, passível de ser prontamente reparável, de forma rápida e simples. Observa, também, que as coberturas planas são eficientes e oferecem maior índice de segurança, versatilidade de utilização, menores gastos e preocupações com manutenção, menores taxas de seguros, bem como uma razoável liberdade para futuras modificações e adaptações, internas e externas, especialmente de equipamentos que atravessem a cobertura, tais como: exaustores, pontos de vapor, alimentação hidráulica e elétrica e chaminés.

3 MECANISMOS DE INFILTRAÇÕES

Segundo a NBR 8083 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1983), infiltração (figura 5) é a penetração indesejável de fluidos nas construções.



Figura 5: infiltração de água por conduíte elétrico

Embora a água seja o mais puro e imprescindível componente para a vida, são igualmente conhecidos os inconvenientes que ela causa às construções. Pironi (1988) cita que Noé impermeabilizou a arca com óleos e betumes, que as muralhas da China foram protegidas por betume natural e as pirâmides, os sarcófagos e até as múmias com impermeabilizações diversas, inclusive óleos aromáticos.

A fim de proteger as edificações desse efeito agressivo buscaram-se várias formas para tornar os manufaturados estanques aos efeitos da água. Toda a edificação exposta ao intemperismo, devido à constante alternância entre presença e ausência de água, tende a deteriorar-se pela intermitência cíclica. Essa situação é agravada pela agressividade da água de chuva que, lavando a atmosfera poluída, leva consigo elementos agressivos tais como ácidos e bases, que devem ser barrados por impermeabilizações com resistências adequadas.

Na edificação é necessário, inicialmente, identificar os pontos por onde a água pode entrar para estabelecer critérios de defesa contra a mesma. Como primeiro passo na avaliação da estanqueidade, Cunha e Neumann (1979) identificam os pontos por onde a água entra, como segue:

- a) telhados e coberturas planas;

- b) áreas descobertas;
- c) jardineiras de fachadas;
- d) calhas de escoamento das águas pluviais;
- e) caixas d'água, piscinas e tubulações hidráulicas;
- f) pisos molhados, como banheiros e áreas de serviço;
- g) paredes pelas quais a água de chuva escorre;
- h) esquadrias e peitoris de janelas;
- i) soleiras de portas que abrem para o exterior;
- j) água contida no terreno, que ascende por capilaridade.

A infiltração de água na edificação é sempre um fato desagradável, independente do estrago causado. Verçozza (1987) atenta para o fato de que todas as construções são feitas para abrigar das intempéries e o aparecimento de umidade significa que esse fim não foi atingido. Para analisar as causas das infiltrações faz-se necessário a avaliação dos seguintes aspectos:

- a) estruturais;
- b) construtivos;
- c) térmicos.

3.1 ASPECTOS ESTRUTURAIS

3.1.1 Estrutura portante

A necessidade de diversas camadas de materiais aplicados à uma cobertura de uma edificação surgiu em função das deficiências da laje. Obviamente, fosse esta estrutura estanque, por exemplo, não seria necessária a impermeabilização.

A estrutura portante, no caso de cobertura plana, pode trabalhar como placa (laje horizontal, maciça ou nervurada). As coberturas curvas podem trabalhar como cascas delgadas ou simplesmente como estruturas em arco (por exemplo, uma curvatura simples, apoiada sobre vigas laterais). Para cada um destes casos o cálculo estrutural indica as zonas em que a superfície exterior encontra-se tracionada e, portanto, com fissuras. Do ponto de vista construtivo, a estrutura portante pode ser moldada no local ou pré-moldada. A estrutura moldada no local apresenta, via de regra, menores problemas de impermeabilização, pelo menor número de juntas.

Para Cunha e Neumann (1979), a estrutura portante pode ainda ser constituída de concreto armado ou concreto protendido. O uso de concreto protendido é altamente favorável, do ponto de vista da impermeabilidade da estrutura portante, principalmente quando é utilizada a protensão total (nenhum ponto da peça é solicitado à tração, sob ação da carga permanente e acidental). Talvez, o fenômeno físico mais importante, com repercussão direta na estanqueidade, é o que diz respeito à movimentação das estruturas pela influência da variação da temperatura e da complexidade da interação dos diversos materiais da construção. Observam que as edificações são construídas para desempenhar inúmeras funções, fundamentais ao desenvolvimento da sociedade, devendo suprir, entre outras necessidades, a de abrigá-las das intempéries. Faz-se importante ressaltar que as lajes, na maioria das vezes, não são executadas com declividades adequadas para o escoamento das águas pluviais. A inserção de camada de regularização na sua superfície justifica-se por amenizar os problemas de empoçamento de água.

Até alguns anos atrás considerava-se que o concreto armado, bem executado, teria uma duração praticamente ilimitada. Tanto a experiência como as observações levaram ao

conhecimento dos estudiosos que quando o concreto armado fica exposto à umidade, sua duração passa a ser limitada, a não ser que se proteja o concreto superficialmente do fenômeno denominado carbonatação, e de outros agentes agressivos.

3.1.2 Fissuras

Picchi (1986), fazendo uso de levantamento em habitações populares (Fonte I.P.T.) de São Paulo, executadas com técnica construtiva convencional, alerta que o item fissura participa com 12% dentre as manifestações patológicas, as quais, por um lado, são oriundas do aumento da velocidade de execução das obras, pressão para redução de custos, má qualidade de determinados materiais, desconhecimento do comportamento físico e químico de alguns materiais e falta de cuidados no projeto e execução da obra, que por consequência determinam: a redução na vida útil do prédio, a insalubridade, a insatisfação psicológica, a redução da segurança e os reparos.

As fissuras são provocadas por tensões oriundas de atuação de sobrecargas ou de movimentações de materiais, dos componentes, ou da obra como um todo. Conforme Thomaz (1995), algumas das possíveis causas são: movimentações provocadas por variações térmicas e de umidade; atuação de sobrecargas ou concentrações de tensões; deformabilidade excessiva das estruturas; recalques diferenciados das fundações; retração de produtos à base de ligantes hidráulicos e alterações químicas de materiais de construção.

Observa, também, que as fissuras classificam-se, entre outras, em:

- a) **ativas**: cujas dimensões variam com o passar do tempo;
- b) **inativas**: que não alteram suas dimensões através do tempo.

3.2 ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Existe um número muito grande de detalhes construtivos que influem nos vários métodos de sistemas de impermeabilização. Infanti F^o (1984) identifica os principais, ou seja, aqueles que podem condicionar o sucesso na impermeabilização, dependendo de sua execução:

- a) inclinações;
- b) condutores de água;
- c) rodapés;
- d) passagens e tubulações;
- e) soleiras;
- f) juntas de dilatação;
- g) proteção mecânica.

As **inclinações** deverão estar direcionadas para os coletores de água. Esses caimentos têm por função canalizar o curso das águas pluviais para escoá-las em um local desejado e, principalmente, não deixar as mesmas formarem poças sobre a impermeabilização.

Os **condutores de água** deverão ser dimensionados em número e capacidade de escoamento, observando-se que os mesmos devem ser colocados antes e acima da impermeabilização (figura 6).



Figura 6: manifestação patológica em coletor pluvial sobre a impermeabilização

Pirondi (1988) salienta que, em princípio, exceto nos desaguamentos livres, toda a área plana deve estar confinada em forma de barragem, isto é, com os perímetros elevados a uma altura que impeça o transbordamento. As barragens de confinamento, **rodapés** (figura 7), serão solidárias à estrutura suporte e construídas em concreto ou tijolos maciços assentes com cimento e areia.

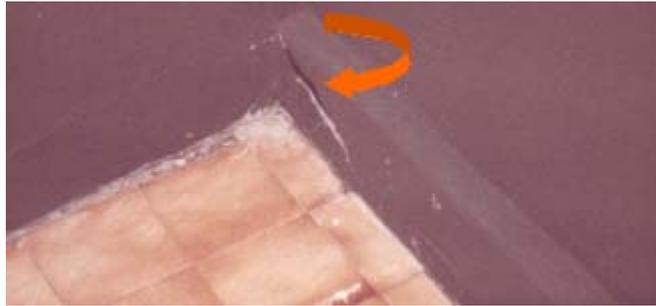


Figura 7: rodapé sem encaixe para impermeabilização

Quanto as **passagens de tubulações**, em se tratando de pontos de luz, tubulações de água ou qualquer tipo de duto que aflore da laje (figura 8), estes devem ser protegidos por um anel de concreto à sua volta. A impermeabilização deve ser prolongada em toda a extensão do anel, a fim de não deixar nenhum ponto desprotegido.



Figura 8: manifestação patológica pela falta de proteção em tubulações que aflorem da laje

Picchi (1986) corrobora afirmando que a estanqueidade junto às passagens de tubulações também pode ser garantida pela impermeabilização que utiliza um mastique, material de consistência pastosa ou por outros meios, observando-se a exigência, em todos os casos, de que a impermeabilização eleve-se 20 cm acima do piso.

Para Ussan (1995), as **soleiras** são um dos pontos da edificação que merecem especial atenção para que futuros transtornos com infiltrações sejam evitados. A NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998) observa que no caso de compartimentos cobertos com acesso à área externa impermeabilizada, a impermeabilização deve adentrar, no mínimo, 50 cm da região coberta e possuir um desnível (figura 9) de 6 cm em relação ao piso externo.



Figura 9: falta de desnível entre níveis interno e externo

As **juntas de dilatação** (figura 10) são definidas como sendo uma separação entre duas partes de uma estrutura para que estas possam movimentar-se, uma em relação à outra, sem que haja qualquer transmissão de esforço entre elas. As juntas de dilatação são causadoras de insucessos frequentes na impermeabilização, requerendo, portanto, cuidados especiais de parte do executor.



Figura 10: junta de dilatação em laje de cobertura.

A grande maioria dos sistemas impermeáveis não pode receber trânsito direto ou assentamento do piso sem que seja previsto um sistema intermediário protetor, **proteção mecânica** (figura 11) entre a impermeabilização e o piso final.



Figura 11: execução da proteção mecânica tem por finalidade evitar danos à impermeabilização.

3.3 ASPECTOS TÉRMICOS

Segundo o Manual de Aislamento Isover (1992) o calor é uma forma de energia que pode ser transmitida por:

- a) corrente de convecção: fenômeno físico de aquecer e esfriar, de subir e descer, através do meio gasoso e dos líquidos, decorrente de que, num líquido ou gás, as partes aquecidas sobem e as partes mais frias descem;
- b) condução: o calor é conduzido nos três estados físicos dos materiais, ou seja: sólido, líquido e gasoso, pelo contato direto entre as moléculas, que transferem energia de uma para outra;
- c) irradiação: é a transmissão de energia por ondas que se propagam, inclusive no vácuo. Todos os materiais perdem ou absorvem calor pelo fenômeno da irradiação. Desde sempre o homem tem tido preocupações com os efeitos do calor, como a dilatação, fusão, ebulição, retração, solidificação e liquefação.

Quanto ao isolamento térmico, o Manual de Aislamento Isover (1992), define-o como o ato ou efeito de separar ambientes, ou de uma temperatura fria de uma temperatura quente, ou a divisão de temperaturas, ou a separação das atmosferas ambientes das externas. E é este ato, que nas construções, proporciona estabilidade dos elementos estruturais e economia, ao reduzir a capacidade de equipamentos e diminuição de consumo de energia elétrica. Faz-se

necessário avaliar, então, a necessidade de isolar termicamente um edifício. E esta exigência é legitimada por três razões fundamentais:

- a) pela economia de energia ao reduzir as perdas térmicas pelas paredes. O isolamento térmico também proporciona economia porque permite a redução da capacidade dos aparelhos de ar condicionado e, conseqüentemente, a diminuição do seu consumo;
- b) melhora o conforto térmico ao reduzir a diferença de temperatura das superfícies interiores das paredes e ambiente interno. O isolamento térmico também proporciona conforto porque mantém estável a temperatura nos ambientes, quando reduz o aquecimento no verão e o esfriamento no inverno;
- c) o calor irradiado suprime os efeitos de condensação interna e com ele evita a umidade nos ambientes construídos.

Dentre o conjunto de vedações externas de um edifício, pode-se dizer que a cobertura é o elemento termicamente mais solicitado. Conforme abordagem de Picchi (1986), além de sua área representar sempre uma parte significativa do total envolvente exterior de um edifício, recebe uma quantidade de radiação direta e difusa bem maior que as fachadas, sobre as quais pode incidir radiação direta somente algumas horas por dia, ou mesmo nunca, dependendo da orientação.

Além das razões acima citadas, faz-se importante observar que todas as estruturas sofrem o efeito das dilatações e contrações térmicas. Cunha e Cunha (1997) observam que para minimizar os efeitos das dilatações deve-se recorrer a recursos tais como isolar termicamente as lajes de cobertura para minimizar as variações de temperatura nas mesmas e não confinar elementos de construção entre perímetros rígidos sem juntas de dilatação.

Os materiais isolantes térmicos comumente utilizados nas coberturas são:

- a) espuma de cimento: isolante para lajes planas, que além de seu efeito isolante, serve para fazer os caimentos e os enchimentos dos rebaixos, reduzindo os custos, pois substitui a argamassa normalmente utilizada para este fim;

- b) espuma rígida de poliuretano em placas com densidade de 30 kg/m³: as placas devem ser aplicadas por cima da impermeabilização;
- c) espuma de poliestireno expandido em placas com densidade de 25 kg/m³: são placas de menor capacidade de isolamento;
- d) espuma de poliestireno expandido moldado em placas rígidas com densidade de 35 kg/m³: placas cujas características técnicas permitem ótima capacidade de isolamento.

Tanto as *placas de espuma rígida de poliuretano* quanto as *placas de poliestireno expandido* suportam perfeitamente o peso das cargas normais de um piso, desde que se execute uma argamassa ou um contrapiso de concreto armado capaz de distribuir a carga. Para trânsito de pessoas e cargas leves é suficiente uma argamassa de cimento e areia com 3 cm de espessura.

3.4 CONSEQÜÊNCIAS DAS INFILTRAÇÕES

3.4.1 Umidade

A umidade é a causa ou o meio necessário para a grande maioria das manifestações patológicas das construções. Nas edificações, a umidade proveniente de causas as mais diversas, apresenta, conforme Pianca (1976), inconvenientes, quer sob o aspecto higiênico, tornando insalubres as edificações, quer pelos efeitos danosos sobre os próprios materiais da construção. Conforme Ulsamer (1989), o combate contra a umidade foi a origem das construções humanas. Fugindo da chuva, granizo e neve, o homem primitivo se refugiou nas cavernas. No entanto, a umidade que penetrava pelas paredes e pelo solo o expulsaram de seu *habitat*, fazendo com que o homem construísse suas primeiras choupanas com madeira. Foi novamente a umidade, que produzindo a rápida putrefação da madeira, obrigou o homem a buscar outros materiais de construção mais resistentes à ação da umidade.

Assim, observa Ulsamer (1989):

na constante luta contra a água inimiga, o homem foi desenvolvendo e aperfeiçoando a construção dos edifícios que lhe dão abrigo, criando novos métodos para impedir a formação de umidade. Quando, finalmente, havia logrado um isolamento quase perfeito, a necessidade de comodidade faz com que ele leve para dentro de sua morada a água necessária para seu sustento e limpeza, criando novas fontes de umidade.

Reid (1980) sinaliza que qualquer indício de umidade dentro de uma habitação pode ser considerado, atualmente, como um grande defeito de construção, baseando-se esta objeção no temor de deterioração que este produzirá nas partes do edifício ou nos seus equipamentos, mais do que ser causa de moléstias ou perigo para a saúde de seus usuários.

A infiltração de umidade é uma das patologias mais encontradas nas construções. Verçosa (1987) recorda que as infiltrações se localizam principalmente nos telhados, nas lajes de cobertura, nos reservatórios e piscinas, nas paredes e nos pisos e que, além de freqüentes, trazem conseqüências bastante graves às edificações. Segundo Picchi (1986), a pesquisa desenvolvida pelo Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC), Bélgica, destinada a quantificar defeitos nas construções, aponta a umidade como o mais freqüente, superando falhas como: descolamentos, fissurações, instalações e outros.

De acordo com Ulsamer (1989), a umidade nas construções pode ser classificada como provinda:

- a) do solo: todo solo contém umidade, até mesmo o rochoso. Em muitos casos essa umidade tem pressão suficiente para romper a tensão superficial da água. Nesta hipótese, se houver uma estrutura porosa (terra, areia, etc.) a água do subsolo sobe por capilaridade e permeabilidade até haver equilíbrio. A pressão é tanto maior quanto mais próxima do lençol freático. Se uma parede porosa (de tijolos e argamassa de cal) entrar em contato com esse terreno, a capilaridade também se faz sentir na parede, que umedece;
- b) da atmosfera: a umidade devida à atmosfera manifesta-se em duas formas principais,
 - águas de chuva: penetram nos prédios e outras construções por pressão hidrostática, percolação, ação dos ventos e gravidade. Ulsamer (1989) observa, também, que esta umidade se comunica aos materiais mais ou menos porosos que compõem as paredes exteriores e a cobertura do edifício, tratando de estabelecer, com constância, um equilíbrio higrométrico. Assim, em dias úmidos e durante as chuvas, a umidade da atmosfera penetra nos

- poros das pedras, tijolos e rebocos, até saturá-los de água. Contrariamente, em dias secos e de sol, a atmosfera absorve a umidade contida nos muros e produz sua evaporação;
- umidade de condensação: condensação é o processo no qual o vapor de água passa ao estado líquido. Nos compartimentos enterrados, as paredes geralmente são bastante frias e há pouca ventilação. Não havendo ventilação para secá-las a água condensa-se nas paredes, fenômeno conhecido por ponto de orvalho, momento em que o vapor d'água é transformado em água. Daí a importância das aberturas permanentes serem projetadas de forma a forçar a circulação do ar (Rivero,1986);
- c) da própria construção: reservatórios e canalizações, por exemplo, podem causar infiltrações. Por isso devem ser absolutamente impermeáveis à água. Também os materiais da própria construção podem causar problemas de umidade. Um metro cúbico de alvenaria nova, de tijolos, segundo Verçoza (1987) contém de 130 a 230 litros de água.

No que se refere ao mecanismo de atuação da água sobre os elementos da construção, Cunha e Neumann (1979) observam que a água age de três formas:

- a) umidade por capilaridade: é a ação da água sobre os elementos da construção que estão em contato com bases alagadas ou solo úmido. A água é absorvida e transportada, pela ação da capilaridade de materiais porosos, até acima do nível estático;
- b) água de percolação: é a água que atua em terraços e coberturas, empenas e fachadas, onde existe livre escoamento, sem exercer pressão hidrostática sobre os elementos da construção, como por exemplo a água que atua em terraços e boxe de banheiros. Verçoza (1987) define água de percolação como um fenômeno de osmose em que a passagem de água através de um corpo dá-se por transmissão de grão a grão. No caso das alvenarias a água encharca um grão, que por sua vez vai encharcar o grão seguinte, até atravessar toda a parede. Na realidade, a água de percolação também atua como a umidade por capilaridade, que se processa agora nos grãos constituintes do material. Tanto pode ocorrer de cima para baixo, como debaixo para cima, ou para os dois lados;

- c) água com pressão: é a que atua em solos, caixas d'água e piscinas, exercendo pressão hidrostática.

A água penetra em construções, conforme Cunha e Neumann (1979), essencialmente por cinco caminhos:

- a) pelo lado externo do paramento que confina as áreas planas;
- b) por falta de capeamento do plano superior das platibandas;
- c) por falhas no material: brocas, ninhos no concreto e fendas junto às ferragens;
- d) por falta de arremate adequado acima do nível do perímetro da área plana;
- e) pelos poros do material;
- f) por trincas e rachaduras.

3.4.2 Danos causados pela umidade

Os principais danos causados pela umidade são analisados a partir da NBR (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998) que define impermeabilização como sendo a proteção das construções contra a passagem de fluidos. As vezes, para melhor definir a especificação da impermeabilização, faz-se necessário conhecer o efeito da infiltração. A umidade, entre outros danos, prejudica a boa aparência das edificações podendo causar os seguintes problemas:

- a) goteiras e manchas;
- b) bolor ou mofo;
- c) ferrugem;
- d) eflorescências;
- e) criptoflorescências;

- f) gelividade;
- g) deterioração;
- h) degradação das pinturas.

Quando a água atravessa uma barreira, ela pode, no outro lado, ficar aderente e produzir uma mancha, ou se a quantidade é maior, pingar e até fluir. Para Verçoza (1987), em qualquer dos casos, numa construção, estes são defeitos que raramente são admitidos. A umidade, quando permanente, pode deteriorar qualquer material de construção fazendo com que a obra se desvalorize. Goteiras e manchas são defeitos mais comuns das infiltrações e que se procuram sustar com a impermeabilização.

Trauzzola (1998) comenta que o desenvolvimento do bolor ou mofo (figura 12), é um problema de grande importância econômica e uma ocorrência comum em áreas tropicais. As alterações provocadas nas superfícies emboloradas exigem, muitas vezes, recuperação ou reaplicação de revestimentos.

Quando a umidade e a possibilidade da sua futura ocorrência não puderem ser completamente eliminadas, os materiais de acabamento, segundo Henriques (2001), devem ter características tais que se oponham ao desenvolvimento de bolores, através da incorporação de fungicidas nos mesmos.



Figura 12: manifestação patológica de impermeabilização originando mofo.

Verçoza (1987) salienta que:

...sendo vegetais, esses fungos precisam de ar e água, não se proliferando em ambientes absolutamente secos. Para eliminar o mofo é preciso eliminar a umidade, o que se consegue com ventilação e com impermeabilização.

A ferrugem, de acordo com Verçoza (1987):

...é um sal de pouca aderência (sob fricção é eliminado facilmente), de mau aspecto e de volume maior que o do ferro que lhe deu origem. O processo de formação da ferrugem é complexo e não cabe aqui descrevê-lo, mas o essencial é saber que a umidade é que dá condições favoráveis ao aparecimento de ferrugem. Por isto deve-se sempre procurar obter concreto impermeável. Se a umidade penetrar até a armadura, facilmente aparece ferrugem, que ao aumentar o volume, irrompe o recobrimento do concreto armado.

As eflorescências são uma das principais conseqüências da higroscopicidade. Ulsamer (1989) diz serem manchas, geralmente brancas, que aparecem freqüentemente nas superfícies das alvenarias, tanto nas de pedra como nas construídas com tijolos, como nos rebocos. As causas dessas manchas são os sais solúveis que contêm os materiais da parede ou do solo imediato à mesma e a presença de umidade. A água dissolve ditos sais e arrasta-os consigo através da alvenaria. Ao chegar à superfície, a água se evapora, deixando como resíduo os sais cristalizados. As eflorescências dão mau aspecto e acabam, entre outros, gerando manchas, descolamento ou descoloramento de pintura.

Verçoza (1987) pondera que quando situadas entre tijolos e os rebocos, provocam o descolamento deste. Conforme o volume chegam a formar precipitados minerais, as estalactites, que se manifestam como na figura 13.



Figura 13: eflorescência dando origem às estalactites.

As criptoflorescências, são devidas às mesmas causas das eflorescências, com a diferença de que a recristalização dos sais dissolvidos têm lugar no interior da obra afetada e não na sua

superfície, em que nada se nota até produzir-se sua destruição. Conforme Ulsamer (1989), o maior causador de criptoflorescência são os sulfatos, que ao receberem água aumentam muito o volume. Mesmo que a pressão seja pequena, as criptoflorescências fazem desagregar os materiais, principalmente na camada superficial.

A gelividade, para Verçoza (1987), deve ser considerada pois a água, ao congelar, aumenta de volume. E a água em canais capilares congela à temperatura acima de 0 °C. Assim sendo, a água depositada nos poros e canais capilares dos tijolos e do concreto tende a congelar em dias frios. adverte que ao congelar aumenta de volume. No miolo, este aumento de volume é contido pela massa do tijolo, e se traduz por calor, que então impede o congelamento. Mas na superfície a resistência é menor, formando-se gelo que desloca as camadas mais externas, desagregando paulatinamente o material. Então, a superfície dos tijolos começa a se desgastar, parecendo lixada. Geralmente toma forma convexa, ou arredonda as arestas.

Todos os defeitos acima citados são causados pela água, por ela conduzidos ou afetados. Esses defeitos vão aos poucos deteriorando os materiais e a obra construída (figura 14).



Figura 14: manifestação patológica causando deterioração dos materiais.

Sob este aspecto a impermeabilização passa a ser uma exigência de durabilidade e não somente de aparência ou acabamento.

Trauzzola (1998) enumera, além destes, os seguintes problemas provocados pela umidade na deterioração de pinturas:

- a) desagregamento: caracteriza-se pela destruição da pintura que se esfarela destacando-se da superfície, juntamente com partes de reboco (figura 15).

Normalmente é provocado pela reação química da lixiviação dos sais pela ação da água, atacando a tinta;

- b) saponificação: manifesta-se pelo aparecimento de manchas na superfície pintada, freqüentemente provocando o descascamento ou destruição das tintas do tipo PVA. Também é provocado pela alta alcalinidade do substrato;
- c) bolhas: nas tintas e revestimentos com baixa permeabilidade a dissipação da pressão de vapor d'água do substrato pode provocar o descolamento e formação de bolhas. Normalmente ocorre em tintas alquídicas (esmaltes e tinta a óleo), epoxi, hipalon, bem como pela perda das propriedades adesivas das colas de revestimento, como laminados decorativos e papel de parede;
- d) descascamento: é provocado pela reação dos sais das eflorescências que lixiviados até a interface das pinturas prejudicam sua aderência, acarretando seu descolamento.



Figura 15: manifestação patológica de impermeabilização causando destruição da pintura.

Ulsamer (1989) comenta que:

...a umidade é particularmente perniciosa na presença de materiais incompatíveis, cujo contato entre si deve evitar-se em toda boa construção. Muitos defeitos são consequência de não terem sido consideradas ditas incompatibilidades, como, por exemplo, o freqüente caso de coberturas corretamente impermeabilizadas com lâminas asfálticas que, passados alguns anos, mostram umidade e inclusive goteiras, pela execução da camada de proteção mecânica com argamassa de cal diretamente sobre a impermeabilização.

O emprego de materiais impermeáveis para prevenir a penetração de água nos edifícios, de acordo com Reid (1980), é restrito devido as suas espessuras. O risco de ruptura é elevado, particularmente em superfícies expostas. Estes materiais não são absorventes e qualquer água que caia sobre os mesmos cria um remanso (caso de superfícies horizontais) ou escorre em forma de córregos.

Qualquer ruptura produzida, daria lugar a uma passagem importante da água da chuva. As rupturas destes materiais são muito difíceis de evitar a longo prazo, devido aos contínuos movimentos que se produzem nas construções por troca de temperatura, de umidade, cargas flutuantes e assentamentos. Porcello (1997) sustenta que a falta ou a inadequada utilização dos sistemas de impermeabilização compromete a durabilidade da edificação e gera altos custos de manutenção e recuperação.

4 IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS EM CONCRETO

A impermeabilização é a proteção das construções contra a infiltração da água. Para Cunha e Cunha (1997) impermeabilização é o ato de vedar os materiais porosos e as falhas de materiais, sejam elas motivadas por movimentos estruturais ou por deficiências técnicas de preparo e de execução. Moraes (2002) observa que falar de impermeabilização é fazer uma trajetória metodológica em busca da correta utilização de sistemas impermeabilizantes, visto que é através dela que se alcança, com fidelidade, a proteção de construções que em moldes mais condizentes impeçam a passagem de águas, por meio de infiltrações, fluidos e vapores.

4.1 METODOLOGIA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Nos métodos convencionais de impermeabilização, a maioria dos produtos funciona como um repelente ou como um escudo contra a água, oferecendo proteção química ou mecânica. Existem produtos que não buscam criar resistência à água, servindo-se da água como veículo para impermeabilizar o local, como é o caso dos cristalizantes. O material que constitui a impermeabilização deve possuir flexibilidade suficiente às temperaturas de utilização, de forma a acompanhar os movimentos normais que lhe são impostos, sem perder a continuidade pelo surgimento de fissuras, ranhuras, rompimentos ou outras falhas.

Picchi (1986) menciona que a impermeabilização é dentro da construção civil um serviço especializado. Alguns fatores justificam, até certo ponto, a especialização, tais como: é um setor que exige uma razoável experiência, no qual os detalhes assumem um papel importante e onde a mínima falha, mesmo que localizada, pode comprometer todo o serviço; além disto, a necessidade de acompanhamento de rápida evolução dos materiais e sistemas propicia o surgimento de projetistas especializados. Da mesma forma, a exigência de acompanhamento das técnicas em constante renovação e a necessidade de uma mão-de-obra bastante treinada levam à especialização de firmas executoras, conhecidas como aplicadoras dos sistemas de impermeabilização. A partir de 1975² corta-se a maioria dos cordões de dependência da tecnologia estrangeira em impermeabilização.

² O ano de 1975 é um marco importante para a engenharia brasileira. Nesse ano foram divulgadas as Normas Técnicas Brasileiras sobre impermeabilização, foi criado o I.B.I. - Instituto Brasileiro de Impermeabilização e, principalmente, que a tecnologia brasileira sobre o assunto começou a ser independente. (VERÇOZA, 1987).

Conforme Rocha (1995), a impermeabilização está deixando de ser o problema das atividades construtivas para ganhar *status* de área essencial. Construtores, fabricantes e projetistas já dedicam esforços e investimentos para melhorar o desempenho das edificações e obras no item estanqueidade.

4.2 SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Por definição, sistema de impermeabilização, segundo a NBR 8083 - “Materiais e sistemas utilizados em impermeabilização” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1983), é o conjunto de materiais que uma vez aplicados, conferem impermeabilidade às construções. Conforme Pirondi (1988), a escolha do sistema de impermeabilização mais adequado para uma dada construção é função de vários fatores, tais como: forma da estrutura, movimentação admissível no cálculo da mesma, temperatura e umidade relativa local, efeito arquitetônico que se deseja obter e custos, dentre outros. Para efeito de avaliação elege cinco itens fundamentais:

- a) impermeabilidade dos materiais;
- b) resiliência dos materiais;
- c) longevidade dos sistemas de impermeabilização;
- d) proteção mecânica e isolamento térmico;
- e) custos.

Considera vida útil de uma impermeabilização o espaço de tempo decorrido desde o término dos serviços de impermeabilização propostos, até o dia em que os componentes do sistema atinjam um ponto de fadiga, que comprometam seu pleno desempenho requerido, necessitando manutenção ou reparação. Define vida útil de uma edificação como o tempo de sua utilização sem necessidade de restaurações fundamentais. Observa que os materiais e o sistema devem ser testados, para avaliação de sua resistência aos raios ultravioletas e infravermelhos e identifica que o teste mais indicativo de longevidade dos materiais é o do envelhecimento, acelerado por ozônio, que deve ser realizado com concentrações de ozônio

próximas a 100 ppm, que correspondem às maiores concentrações encontradas na atmosfera no Brasil.

Segundo Picchi (1986), são hoje encontrados em nosso mercado dezenas de sistemas de impermeabilização, provenientes da combinação de mais de uma centena de materiais, produzidos por diversos fabricantes, sendo que aumenta a cada ano o número de novos produtos lançados no mercado. Dentro deste quadro, pode-se dizer que nossos profissionais de construção civil em geral possuem poucas informações a respeito dos sistemas de impermeabilização. Ainda que se considere o serviço de impermeabilização como uma especialidade sustenta que:

... todo engenheiro ou arquiteto deveria ser capaz de especificar sistemas, selecionar materiais, contratar firmas aplicadoras e fiscalizar a execução dos serviços, sejam referentes à novas impermeabilizações ou a trabalhos de manutenção e reparos; deveria também conhecer as interações da impermeabilização com as demais partes do edifício, de forma a prever os detalhes necessários na fase de projeto.

Entretanto, a quase totalidade dos profissionais enfrenta grandes dificuldades, quando se depara com as atividades citadas. Diversos esforços de divulgação técnica vêm sendo realizados visando minimizar este problema, merecendo destaque a atuação do Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI) e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que desde 1975 possui um conjunto de Normas no setor que vêm sendo constantemente aperfeiçoadas. O IBI tem, insistentemente, defendido, há alguns anos, que “a impermeabilização deve ser objeto de projeto específico”, desenvolvido de forma integrada com o projeto do edifício, prevendo-se as interações com os demais elementos da edificação. Esta prática, entretanto, não é seguida, via de regra. Muitas vezes a empresa de impermeabilização é chamada quando o edifício já está em fase de conclusão e os necessários caimentos e rebaixos não foram executados, bem como interação com as instalações. Em alguns casos a sobrecarga da laje, proveniente dos enchimentos e proteções necessários, geralmente significativa, não foi prevista no cálculo.

Ussan (1995), para efeito de maior facilidade de assimilação, sugere a seguinte classificação dos sistemas de impermeabilização:

- a) de mantas ou industrializado;
- b) rígido;

c) laminar ou de pintura.

4.2.1 Sistema de Mantas ou Industrializado (pré-fabricado)

Sistema de mantas ou industrializado (pré-fabricado) é o sistema que caracteriza-se pela aplicação, como material impermeabilizante, de mantas compostas de asfaltos e elastômeros, produto fabricado industrialmente com espessura e peso por metro quadrado constantes, obtido através de processos de extrusão ou calandra e fornecido em rolos com comprimentos e larguras definidos pelo fabricante (figura 16).



Figura 16: mantas asfálticas para impermeabilização.

Os materiais encontrados no mercado são as mantas asfálticas, mantas butílicas e mantas de PVC estruturadas com os seguintes materiais: filme de polietileno, não tecido de poliéster e filme de PVC. O sistema industrializado também é identificado como um sistema de mantas poliméricas sintéticas³.

4.2.1.1 Mantas Asfálticas

As mantas asfálticas fazem parte do sistema industrializado, mais recente que os moldados no local, e surgiram basicamente por exigências de rapidez e economia de mão-de-obra. Enquanto que no sistema moldado *in loco* os materiais asfálticos são utilizados há mais tempo que os polímeros sintéticos, no Brasil, as mantas de asfalto foram introduzidas após as mantas poliméricas sintéticas. Conforme Ussan (1995), no Sistema de Mantas Asfálticas alguns

³ As mantas poliméricas sintéticas podem ser butílicas ou de PVC (CUNHA; NEUMANN, 1979).

fatores diferenciam uma manta de outra. Um deles é o tipo de asfalto utilizado na sua fabricação. No entanto, a formulação do asfalto difere de fabricante para fabricante, sendo melhor aquele asfalto ao qual são adicionados polímeros, que aumentam sua resistência e sua vida útil, bem como sua flexibilidade e ponto de amolecimento.

O asfalto⁴, de acordo com Cunha e Neumann (1979), pode ser produzido numa variedade de tipos⁵, de sólidos até líquidos. O tipo semi-sólido, conhecido como betume asfáltico, é o material básico. Os produtos asfálticos líquidos são preparados, geralmente, emulsionando-os com água ou misturando-os com destilado de petróleo.

Porcello (1997) relata que o asfalto utilizado nas mantas asfálticas é o asfalto oxidado, ou seja, aquele produzido a partir do asfalto de destilação direta, cujas características foram modificadas através da passagem de ar aquecido a 200° C, por entre sua massa aquecida. A oxidação diminui a termo-sensibilidade do asfalto de destilação direta e produz um material com pontos de amolecimento mais altos e penetrações variáveis, dependendo das matérias-primas e processos de fabricação. Os asfaltos oxidados não são elásticos, no verdadeiro sentido da palavra, apenas possuem elasticidade. Deformam-se em torno de 10% (sem modificação com óleos ou polímeros), são quebradiços em baixas temperaturas e possuem resistência à fadiga. Permitem a adição de polímeros elastoméricos para melhoria de sua flexibilidade. Outra diferença entre as mantas se dá pelo material que compõe a armadura interna da mesma.

A manta asfáltica com armadura proporciona uma impermeabilização de espessura e desempenho comparáveis (às vezes até mesmo superiores) ao sistema moldado *in loco* que utiliza feltro asfáltico e asfalto, com economia de mão-de-obra e tempo, e a custo menor que as mantas de polímeros. Existem diversos produtos que se enquadram nesta classe. As variações são quanto ao tipo de asfalto utilizado, espessura da manta, material de recobrimento e tipo de armadura⁶.

No Brasil são encontrados três tipos de mantas de asfalto:

⁴ Asfalto: produto orgânico, composto por hidrocarbonetos pesados que, juntamente com *fuel oil*, graxas, carvão e petrolato, constituem os resíduos da destilação fracionada do petróleo. Trata-se de material de particular interesse para a engenharia, por ser um aglomerante resistente, com grande adesividade, altamente impermeável e de grande durabilidade (CUNHA; NEUMANN, 1979).

⁵ Tipos de asfalto normalmente usados em impermeabilizações: emulsões asfálticas aniônicas, asfaltos oxidados por catálise (catalíticos) e asfaltos poliméricos (CUNHA; NEUMANN, 1979).

- a) com armadura de não tecido de poliéster;
- b) com alma de polietileno;
- c) com armadura de PVC.

A manta de asfalto com armadura de não tecido de poliéster é uma manta impregnada com asfalto e revestida em ambas as faces com asfalto, atingindo uma espessura final de 2,2 a 3 mm. A manta é produzida com revestimento antiaderente (areia ou filme de polietileno) em ambas as faces, prestando-se à impermeabilizações com proteção mecânica, sendo fornecida em bobinas de 1,0 m de largura e 15 m de comprimento.

A manta de asfalto com alma de polietileno é manta asfáltica termoplástica. Mediante esta característica não se opõe às forças de tração e à movimentação dos elementos estruturais da edificação. Desta forma, pode ser aplicada sobre pequenas fissuras das estruturas, vedando-as e impermeabilizando-as. Esta manta (figura 17) possui armadura de polietileno com espessura de 1 mm revestida por duas camadas de asfalto polimérico cujas espessuras variam de 1,5 mm a 2,0 mm de cada lado, protegidas, em ambas as faces, por um filme de polietileno. A espessura da manta é de 3,0 mm ou 4,0 mm e seu peso é de 3,0 kg/m² ou 4,0 kg/m², respectivamente.

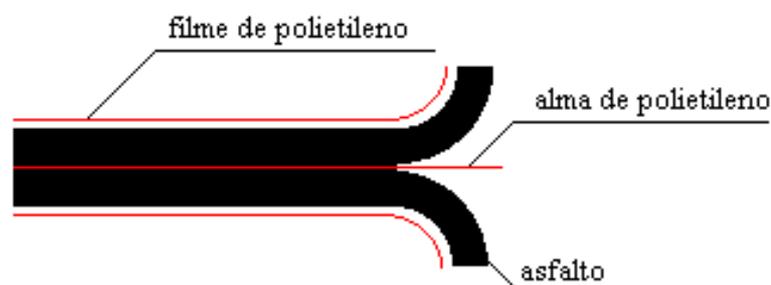


Figura 17: representação esquemática de manta asfáltica com armadura

⁶ A NBR 9952 - "Mantas asfálticas com armadura para impermeabilização" (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987) estabelece relação entre carga de ruptura e o respectivo alongamento obtido no ensaio de tração de uma manta para uso na impermeabilização.

A alma de polietileno, neste sistema, não é considerada somente como uma armadura e sim como a impermeabilização propriamente dita, onde as camadas asfálticas servem para proteger esta alma de perfuração e propiciar a emenda das mantas, por fusão do asfalto. Segundo Storte (1997), a função específica dos filmes exteriores de polietileno é a de fazer com que as mantas não se adiram entre si durante sua produção e armazenagem.

A manta de asfalto com armadura de PVC é constituída de um filme impermeável de PVC, associado a uma camada de berço de asfalto modificado com polímeros. São utilizados filmes anti-aderentes de polietileno. As mantas com filme de PVC, conforme Ulsamer (1989), são lâminas de 2 e 3 mm de espessura com muito boa resistência mecânica e ao envelhecimento.

No que diz respeito às características e desempenho das mantas, Cunha e Neumann (1979) salientam que para se conhecer bem o que é uma manta plástica ou elástica, além das características anteriormente comentadas, faz-se importante conhecer outras de suas características:

- a) resistências ao envelhecimento;
- b) flexibilidade à baixa temperatura ($< 0^{\circ} \text{C}$);
- c) resistência ao calor e ao escorrimento;
- d) resistência ao ataque de micro-organismos, aos álcalis⁷, e aos ácidos dissolvidos nas águas pluviais;
- e) resistência ao puncionamento dinâmico e estático, conforme as condições que a manta terá que suportar durante a execução e durante o uso;
- f) absorção de água e estanqueidade sob pressão.

Existe ainda uma característica que diz respeito à possibilidade de efetuar-se os trespasses entre as mantas, com facilidade, não deixando de observar a afirmativa de que todo sistema de manta é eficaz quando há total segurança nos trespasses. A emenda por solda autógena de asfalto executada com o uso de maçarico é eficaz, segura e de rápida execução, deixando

⁷ Álcali: aos compostos de metais e grupos hidroxila, OH, dá-se o nome de hidróxidos. Hidróxidos de metais são bases. Os hidróxidos LiOH, NaOH, KOH, RbOH e CsOH são chamados álcalis. (PAULING, 1966).

pouca margem de erro. Facilita a execução de arremates junto à instalações hidráulicas e contornos complicados de obra.

4.2.1.2 Sistemas de aplicação

São dois os sistemas básicos para aplicação de impermeabilização:

- a) não aderido;
- b) aderido.

Para Dinis (1997), o sistema flexível não aderido é o que utiliza mantas pré-fabricadas assentes sobre os substratos sem qualquer promotor de aderência na base. Estas mantas comportam-se como um envelopamento das estruturas, sem qualquer vínculo estrutural com as mesmas, sendo utilizadas, preferencialmente, em superfícies planas. São suscetíveis a apresentarem problemas mediante solicitações que gerem arrancamento ou deslizamento.

Cunha e Neumann (1979) afirmam, que no **sistema não aderido** (figura 18), os alongamentos se diluem em toda a extensão das membranas e eliminam-se os pontos de esforço concentrado. Sendo as mantas feitas de material dúctil, após terem sido submetidas a um esforço de tração acabam se acomodando, entrando em estado de relaxação, o que elimina as tensões, evitando assim o rompimento.

Ao discorrerem sobre a influência do substrato e da pavimentação, observam que a prática demonstra que não se consegue uma superfície ideal para a impermeabilização. Geralmente, as superfícies sobre as quais se executa a impermeabilização são regularizadas com argamassa, feita com areia grossa e apenas regularmente desempenada, apesar das recomendações para uma superfície bem acabada. O comportamento das mantas impermeáveis, em relação à agressão do substrato e da pavimentação depende do material de que são feitas.



Figura 18: manta asfáltica não aderida.

Para Picchi (1986), o sistema não aderido utiliza-se uma camada de separação entre a impermeabilização e seu suporte. Portanto, os movimentos do suporte serão distribuídos por todo o comprimento da impermeabilização entre duas fixações verticais, gerando uma pequena deformação percentual e, por conseqüência, pequenas tensões.

Comparando-se as características dos principais tipos de mantas em uso, pode-se observar o seguinte:

- a) as mantas de PVC quando colocadas sobre um substrato que apresenta protuberâncias formadas por grãos de areia, ficam apoiadas sobre estas saliências e, por serem delgadas (geralmente têm menos de 1mm) e pouco flexíveis, acabam sendo perfuradas pelo atrito produzido pelos movimentos entre o substrato e a pavimentação. Quando se opta por mantas de menor espessura é necessário ter maior cuidado no preparo do substrato e de sua limpeza, antes da colocação da manta. O preparo do substrato para receber mantas de PVC exige a aplicação de uma camada que as protejam. É também necessário colocar outra camada protetora sobre as mesmas mantas antes de executar a pavimentação. Estas duas camadas protetoras, feitas de betume asfáltico, feltro-asfáltico, mastiques asfálticos ou combinações destes produtos, têm uma nomenclatura específica, sendo chamadas de,
 - camada de berço (a inferior);
 - camada de amortecimento (a superior);
- b) as mantas de asfalto com armadura são produzidas com betumes asfálticos dúcteis. Quando em contato com o substrato adaptam-se ao mesmo, não

oferecendo resistência a pequenos grãos de areia e não sendo perfuradas. São consideradas como tendo camadas de proteção já incorporadas, uma vez que existe uma espessura de asfalto protegendo a armadura.

Cabe salientar a necessidade de conhecimento das Normas da ABNT específicas para o assunto, bem como alertar para a rapidez com que as indústrias lançam no mercado materiais de nova geração.

No **sistema aderido**, segundo Picchi (1986) a fissuração do suporte, a movimentação de juntas de dilatação, entre outros, impõem à impermeabilização, de forma localizada, grandes deformações percentuais que poderão gerar elevadas tensões de tração.

No Sistema de Mantas é necessário aderi-las ao substrato nos seguintes casos:

- a) nas mantas autoprotégidas, que não levam pavimentação ou lastros pesados sobre elas, para evitar que sejam arrancadas pelo vento;
- b) nos planos verticais;
- c) em fundos de caixas d'água e de piscinas.

As mantas asfálticas podem ser aderidas pelo Processo CAQ (colagem com asfalto quente) ou CMG (colagem com maçarico a gás). O processo CMG depende de proteção anti-aderente empregado na fabricação da manta. As mantas necessitam desta proteção para poderem ser bobinadas. Se a proteção anti-aderente for um filme delgado de polietileno, ou de talco, que são facilmente consumidos pelo calor da chama do maçarico de gás, o processo CMG é o indicado.

4.2.2 Sistema Rígido

Para Vicentini (1988), o **sistema rígido** é aquele que utiliza o concreto impermeável e as argamassas impermeáveis, aplicáveis sobre suportes não passíveis de fissuração. Considerando que a utilização de sistemas rígidos, em coberturas, se dá somente em casos bastante restritos e específicos, pode-se dizer que as coberturas de concreto, via de regra,

exigem um sistema de impermeabilização flexível. As ações que provocam fissuras no concreto armado também as provocariam nestas impermeabilizações.

4.2.3 Sistema Laminar ou de Pintura

Sistema laminar ou de pintura é aquele que utiliza materiais aplicados em camadas sucessivas com auxílio de pincel, trincha, espátula ou desempenadeira metálica (figura 19).



Figura 19: aplicação de emulsão asfáltica em laje de cobertura.

As camadas possuem espessura e consumo definidos pelo fabricante de cada material aplicado. Entre estas camadas pode ou não ser colocado material com a finalidade de estruturar e dar resistência final ao conjunto. Como referência, os materiais que compõem este sistema são:

- a) asfalto: material sólido ou semi-sólido, de cor entre preta e parda escura, que ocorre na natureza ou obtido pela destilação de petróleo, que se funde gradualmente pelo calor, cujos constituintes predominantes são os betumes;
- b) emulsão asfáltica: é a dispersão de asfalto em água, obtida com o auxílio de agente emulsionador;
- c) emulsão asfáltica com carga: trata-se de emulsão asfáltica em que se adicionam cargas minerais, não higroscópicas e insolúveis em água;

- d) elastômeros sintéticos em solução: sistema de impermeabilização conhecido em nosso meio como neoprene e hypalon;
- e) emulsão e massa acrílica: trata-se de um sistema de impermeabilização executado predominantemente com produtos à base de polímero acrílico emulsionado;
- f) emulsão de polímeros: sistema à base de emulsões de termoplásticos, podendo ser armado com véu de fibra de vidro ou tecido de *nylon*. Dentre uma gama variada de produtos capazes de estruturar o conjunto destacam-se: véu de fibra de vidro, não tecido de poliéster, telas dos mais diferentes tipos, juta e fibra de vidro apropriada.

4.3 PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

4.3.1 Generalidades

A NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998), é o documento que tem por finalidade traçar as condições que se impõem para a concepção da impermeabilização e definir os critérios para a elaboração do Projeto de Impermeabilização.

Segundo Granato (1991), o IBI - Instituto Brasileiro de Impermeabilização, as associações de classe, as indústrias e as empresas aplicadoras enfatizam a importância do Projeto de Impermeabilização, objetivando o adequado desempenho da mesma.

De acordo com a apostila do Curso Técnico de Impermeabilização (2002, Viapol), o Projeto de Impermeabilização tem como função elaborar, analisar, planificar, detalhar, discriminar e adotar todas as metodologias adequadas, visando o bom comportamento da impermeabilização. O projeto deverá ser a linha mestra, tanto para a execução dos serviços, como também para a fiscalização dos serviços de impermeabilização. As modificações serão objeto de atualizações freqüentes no projeto e os sistemas de impermeabilização especificados deverão adequar-se às modificações.

É de responsabilidade do projetista a especificação da impermeabilização a ser executada em cada particular da obra. Para Hacker (1984), o projetista elaborará o projeto global e detalhará a impermeabilização com desenhos, cortes, detalhes construtivos, e determinará as cotas em função dos acabamentos posteriores.

Ussan (1995) cita que a impermeabilização é baseada em conceitos óbvios e para compreendê-los basta um pouco de atenção e bom senso. Outrossim, recomenda que o projeto e a especificação de uma impermeabilização devam ser elaborados por profissional especializado e com experiência comprovada no assunto e, para tanto, sugere que ao executar um projeto de impermeabilização o projetista deva observar com atenção os dados que a NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998) fixa. E para que se possa entender e cumprir os requisitos desta Norma, existe um conjunto de referenciais normativos que devem ser analisados. Para tanto, a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT recomenda que se verifiquem as Normas mais recentes ditas como complementares:

- a) NBR 6118/2002 - “Projeto e execução de obras de concreto armado - Procedimento”;
- b) NBR 8083/1983 - “Materiais e sistemas utilizados em impermeabilização - Terminologia”;
- c) NBR 12170/1992 - “Potabilidade da água aplicável em sistema de impermeabilização - Método de ensaio”.

4.3.2 Execução do Projeto de Impermeabilização

Os requisitos para executar o Projeto de Impermeabilização estão contidos em oito grupos, como detalhado nos itens abaixo.

4.3.2.1 Características gerais

Todo o Projeto de Impermeabilização deve seguir as diretrizes fixadas na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998), porém, considera-se que, sendo

impossível abranger todos os casos especiais, podem ser necessárias medidas adicionais. A aplicação da Norma não livra, ou impede, seus usuários da responsabilidade de procedimento próprio. O Projeto de Impermeabilização deve ser desenvolvido de forma conjunta com o projeto geral e os projetos setoriais, de modo a serem previstas as correspondentes especificações em termos de dimensões, cargas, ensaios e detalhes. Além disso, é necessário que seja constituído de acordo com os memoriais descritivo e justificativo. É importante que seja desenvolvido com especificações dos sistemas, desenhos e detalhes específicos, planilha de quantitativos, serviços e sugestões de critérios de medição.

Siqueira F^o (1991) sustenta que a impermeabilização só funcionará através da aplicação do TQC - *Total Quality Control*, o controle de qualidade total, onde não basta selecionar o produto final, mas sim acompanhar cada passo do processo. No entanto, sabe-se que as deficiências, no que se refere ao conhecimento e aplicação da Norma, têm início nas escolas, nas quais as informações a respeito da tecnologia de impermeabilização são ministradas de forma superficial.

Esta deficiência ocorre em virtude do volume de informações que é transmitido em nossos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura, e das dificuldades da contratação de professor com experiência na execução de impermeabilização e pela deficiência de informes bibliográficos. Os livros utilizados nas referidas escolas são, via de regra, omissos no tratamento dos materiais e sistemas de impermeabilização utilizados atualmente. A bibliografia técnica sobre o assunto é restrita e pouco acessível aos estudantes. Portanto, a necessidade na formação de arquitetos e engenheiros que se dediquem com profundidade a este assunto extenso, variado e pouco difundido, faz-se premente.

4.3.2.2 Substrato a ser impermeabilizado

Na fase de elaboração do projeto o substrato a ser impermeabilizado já deverá estar definido. Para o que utiliza o sistema de mantas, é necessário levar em consideração a natureza das estruturas (alvenaria, concreto, metálica). Os substratos constituídos de alvenaria devem ser identificados no projeto, com definição dos tipos de tijolos, cintas e pilaretes de amarração.

Conforme a Apostila de Impermeabilização [199?], quando não adotados estes procedimentos, serão comuns as trincas e as fissuras nas fachadas e platibandas da cobertura,

fazendo com que estas absorvam umidade atrás do sistema impermeabilizante. Nos caso das estruturas metálicas, todas as ligações estruturais devem ser identificadas quanto à forma e ao tipo de ligações (soldadas, aparafusadas ou rebitadas).

Respeitados os parâmetros fixados na NBR 6118 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2002), os substratos de concreto devem ser identificados quanto à possibilidade de abertura de fissuras e quanto à amplitude das movimentações das juntas estruturais de dilatação e de contração. Deve ser analisada a necessidade de se preverem juntas de trabalho na interseção de materiais construtivos distintos.

4.3.2.3 Condições impostas à impermeabilização

O sistema de impermeabilização deve atender às exigências de desempenho. Devido a isso, é importante que apresente resistência contra diversos fatores. Como exemplo podem ser citados: as cargas estáticas e dinâmicas atuantes no plano normal e da impermeabilização e os efeitos dos movimentos de dilatação e retração do substrato, ocasionados por variações térmicas, antes e após a execução da proteção mecânica. Além deles, encontra-se a degradação ocasionada por influências diversas (climáticas, térmicas, químicas ou biológicas) decorrentes da ação da água, gases ou ar atmosférico.

Ussan (1995) observa, que no caso específico da Região Sul, onde o gradiente térmico oscila, em determinadas situações, ao redor dos seis graus centígrados por hora, faz-se necessário uma especial atenção na escolha do sistema de impermeabilização a ser adotado.

Os efeitos decorrentes das solicitações previstas nas condições impostas à impermeabilização, que devem ser objeto de dimensionamento, ocorrem conforme ações variadas (fendimento, puncionamento, ruptura por tração, desgaste, descolamento e esmagamento). O puncionamento é ocasionado pelo impacto de objetos que atuam perpendicularmente ao plano da impermeabilização. Por outro lado, o fendimento é realizado pelo dobramento ou rigidez excessiva do sistema impermeabilizante, ou pelo impacto de objetos pontudos.

A principal causa da ruptura da impermeabilização por tração são os esforços tangenciais ao plano da impermeabilização, devido à ação da movimentação do substrato. E, no caso de

desgaste, sua ocorrência se deve à abrasão decorrente da ação de movimentos dinâmicos ou ao intemperismo. O descolamento é ocasionado pela perda de aderência, enquanto o esmagamento se deve à redução drástica da espessura, realizada por carregamentos ortogonais ao plano da impermeabilização.

Após a execução da manta, decorrido o prazo de 72 horas, a Apostila de Impermeabilização [199?] orienta proceder análise visual da superfície inferior da laje com o objetivo de verificar possíveis vazamentos. O mesmo procedimento deverá ser adotado na superfície da manta, onde verifica-se a existência de bolhas de água entre a manta e o substrato.

4.3.2.4 Detalhes construtivos

Quanto maior o número de detalhes relativos à impermeabilização, melhor será a preparação da área, por consequência, mais qualificado será o serviço. A NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998), dentre os requisitos para desenvolver o Projeto de Impermeabilização, discrimina os seguintes detalhes construtivos:

- a) inclinação do substrato;
- b) ralos;
- c) ancoragem;
- d) soleiras;
- e) chumbamentos;
- f) cotas;
- g) passagem de tubulação;
- h) juntas de trabalho;
- i) juntas de dilatação;
- j) paramentos verticais
- k) pingadeiras;
- l) arestas e cantos vivos;

m) vigas invertidas.

Na seqüência, estão apresentados, graficamente, os detalhes construtivos com suas respectivas orientações.

A inclinação do substrato e das áreas de acabamento dos planos horizontais deve ser de, no mínimo, 1% em direção aos pontos de captação de água, conforme o item 4.4/a, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998), (figura 20).

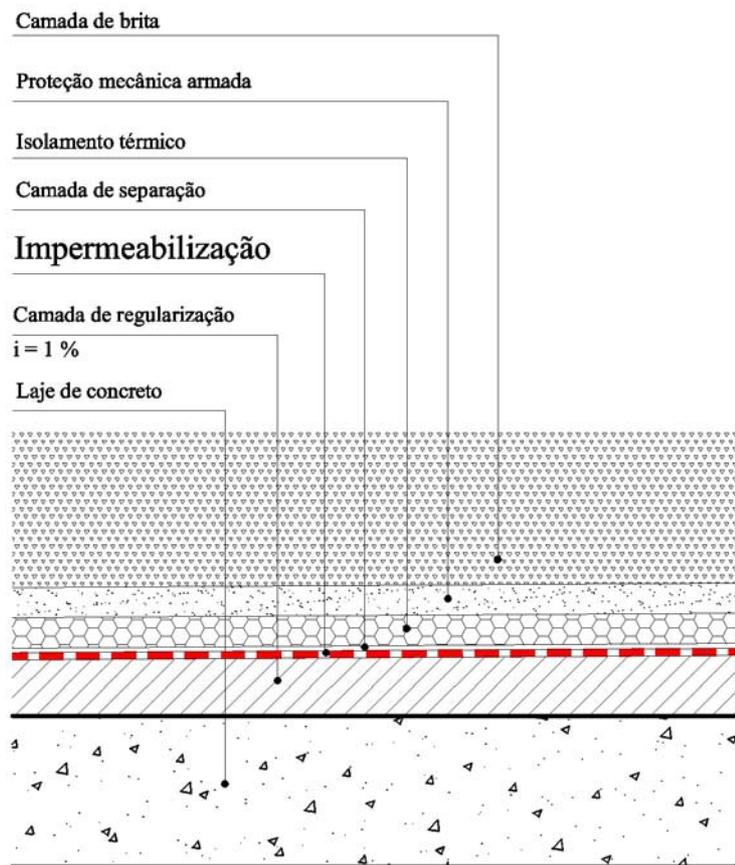


Figura 20: representação gráfica da inclinação do substrato.

Os ralos devem obedecer ao projeto hidráulico, não adotando-se diâmetros menores que 75 mm para os sistemas de mantas, com cotas ao nível da argamassa de regularização, em número suficiente para a captação de águas pluviais. Deve ser observada a diminuição da seção em função da espessura da impermeabilização, conforme o item 4.4/b, contido na NBR 9575/98. A prática demonstra que diâmetros iguais ou superiores a 100 mm são os mais adequados. A impermeabilização deve adentrar nos ralos e ser aderida nos mesmos. Para maior garantia utilizar anel de PVC cortado e introduzido sob pressão. Segundo a apostila da Viapol, Curso Técnico de Impermeabilização (2002), faz-se importante prever ralos com distância máxima de 5 m entre os mesmos, evitando excessiva altura de regularização para caimentos, bem como executá-los pelo menos 10 cm distante de paredes e outras interferências, de forma a facilitar os arremates de impermeabilização (figura 21).

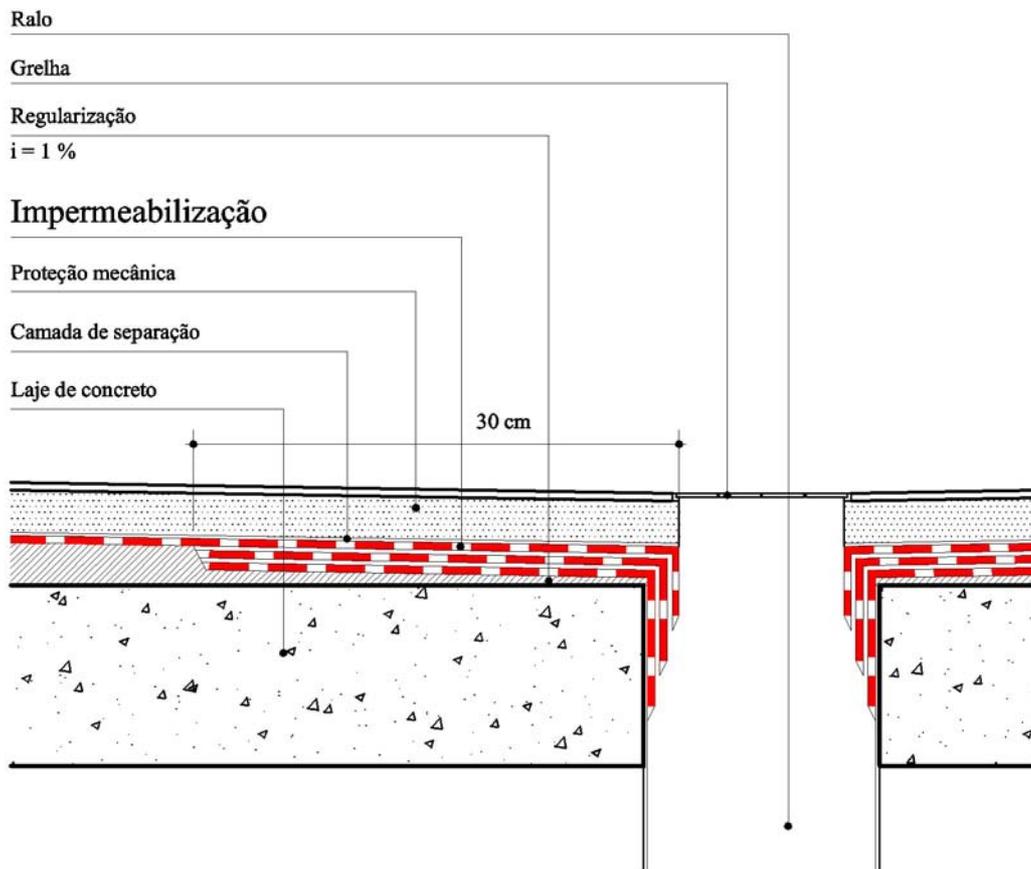


Figura 21: representação gráfica de ralo.

Quanto a ancoragem, o projeto de impermeabilização prevê que, na construção, os encaixes para arremates devam ser desenvolvidos com altura mínima de 20 cm acima do piso acabado ou do nível máximo que a água pode atingir, conforme o item 4.4/c, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998). De acordo com Porcello (1997), nestes rodapés, a impermeabilização deverá elevar-se, no mínimo, 20 cm acima do piso acabado, devendo ter sua borda fixada em rebaixo de aproximadamente 2,5 cm x 2,5 cm, deixado no concreto ou aberto na alvenaria maciça. Este rebaixo deve ser deixado também no pé dos pilares e pilaretes (figura 22 a).

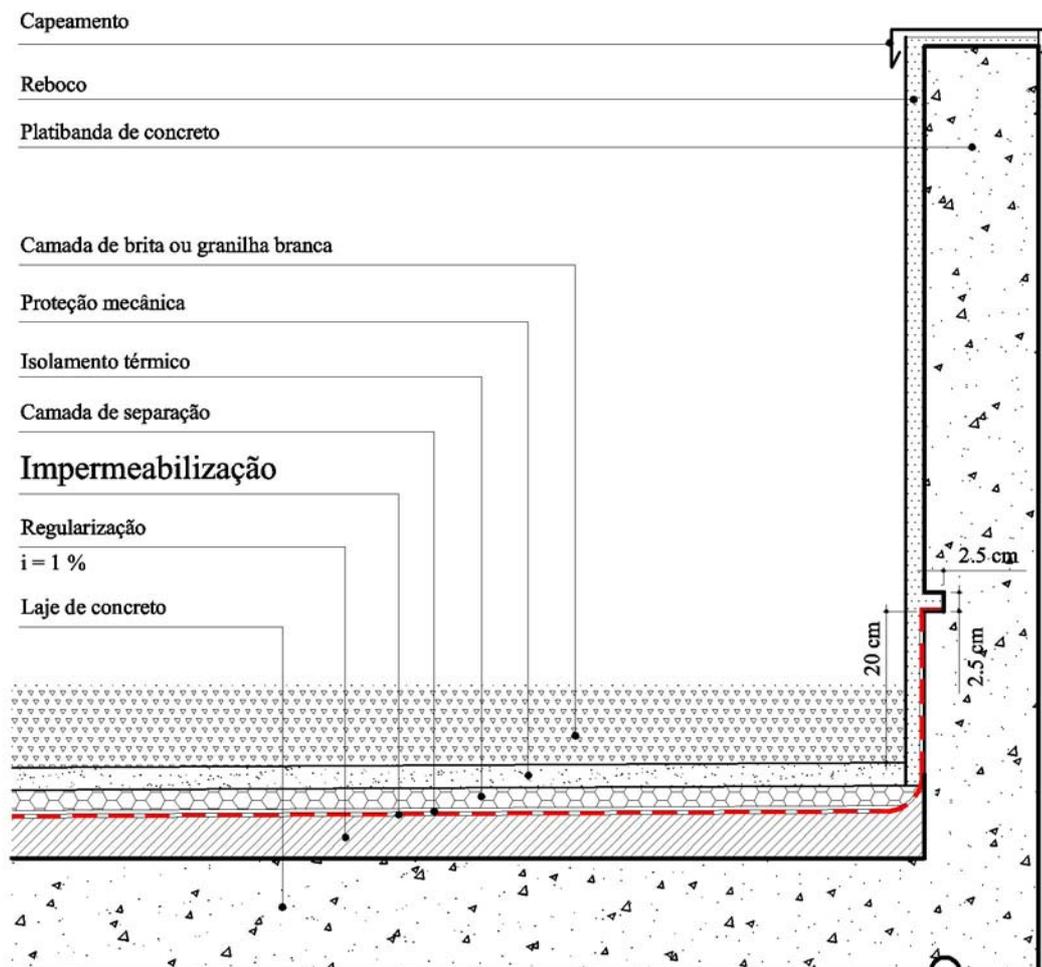


Figura 22 a: representação gráfica de ancoragem.

Outra alternativa é a de preparar rebaixo com 2,5 cm x 20 cm (figura 22 b), com camada de proteção armada com tela metálica fixada mecanicamente à parede, no mínimo, 5 cm acima da cota da impermeabilização, tomando-se cautela para que não comprometa a estanqueidade do sistema. Infanti F^o (1984) salienta que os rodapés, quando mal projetados, se constituem em pontos críticos que podem fazer fracassar todo o sistema vedante.

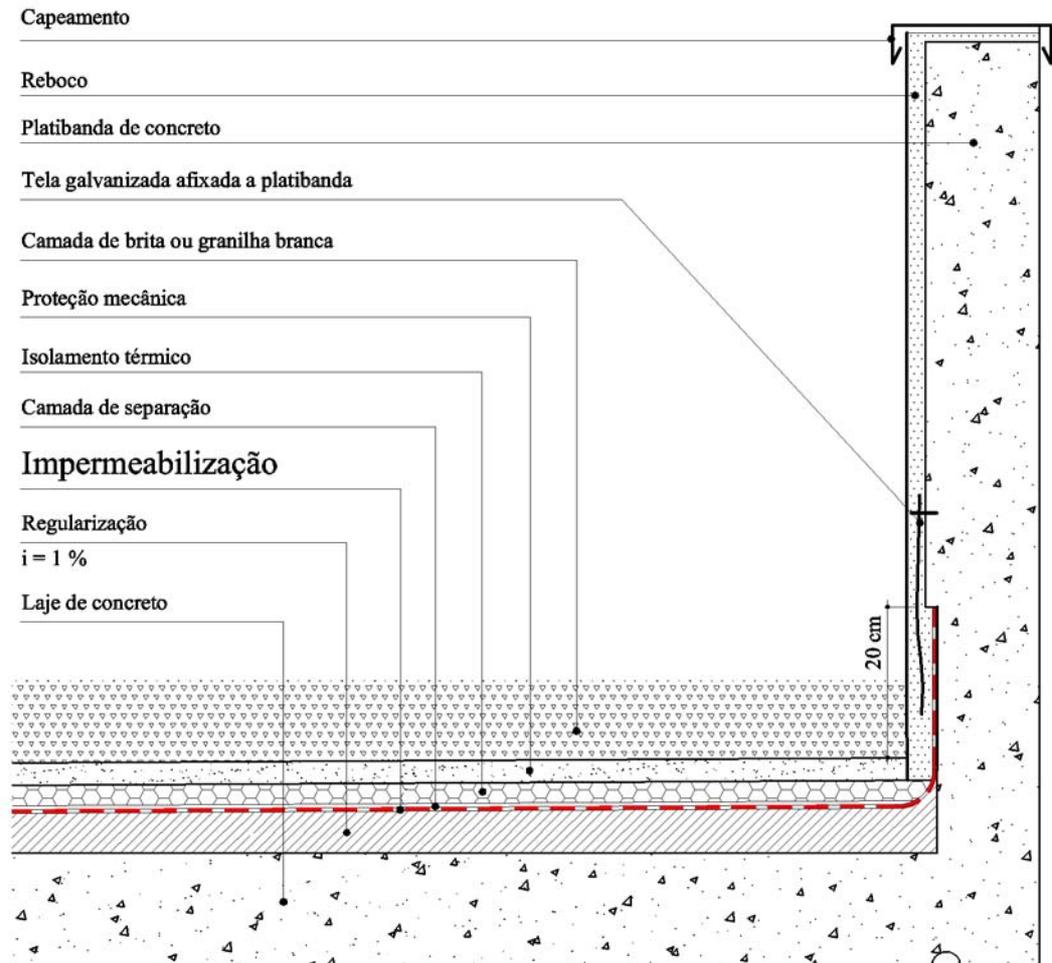


Figura 22 b: representação gráfica de ancoragem.

A impermeabilização nas soleiras deve avançar, no mínimo, 50 cm para o interior da edificação em todas as aberturas, sendo essencial analisar arremates com os caixilhos, contramarcos, batentes e outras interferências, conforme o item 4.4/d, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998), (figura 23).

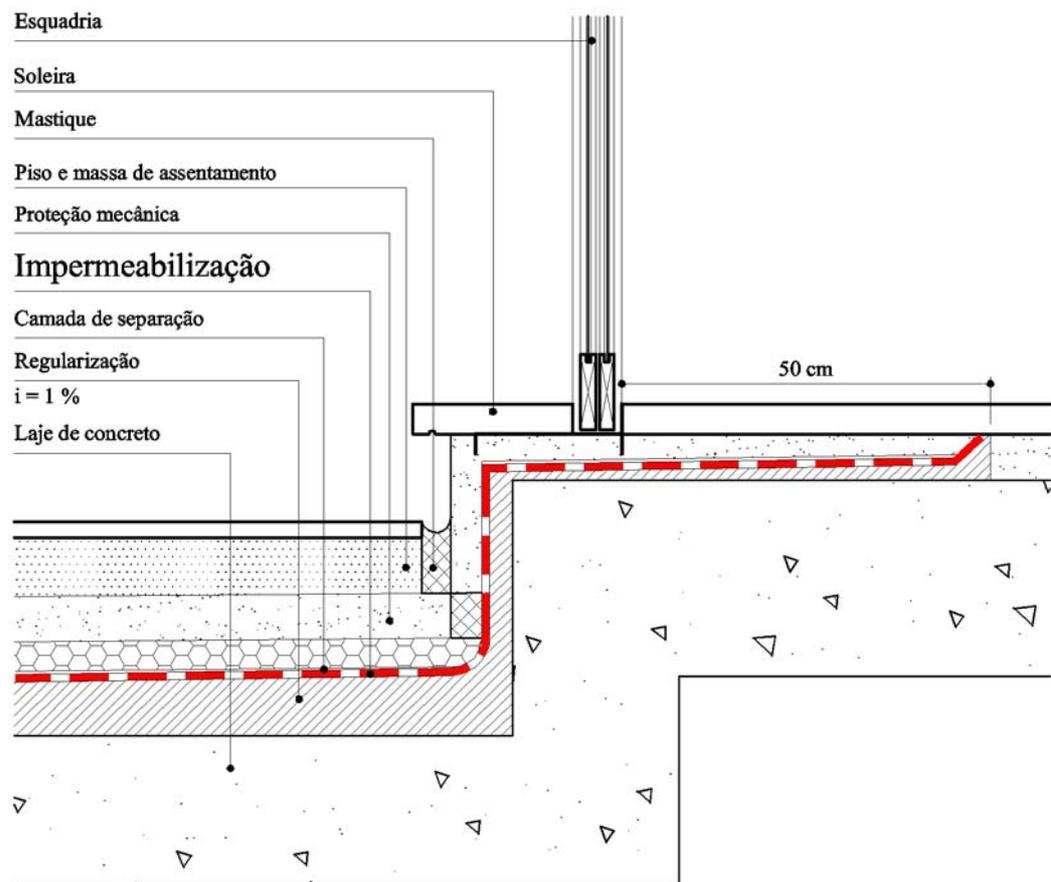


Figura 23: representação gráfica de soleira.

Em todas as instalações que necessitam ser fixadas nas estruturas, no nível da impermeabilização, os chumbamentos devem ser detalhados, prevendo-se, necessariamente, os reforços adequados, conforme o item 4.4/e, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998). A apostila CTI - Curso Técnico de Impermeabilização (2002) observa que estes chumbamentos devem estar fixados, preferencialmente, antes da execução da impermeabilização, desde que não causem interferência na sua execução, de forma a permitir o arremate da impermeabilização a uma altura não inferior a 20 cm (figura 24).

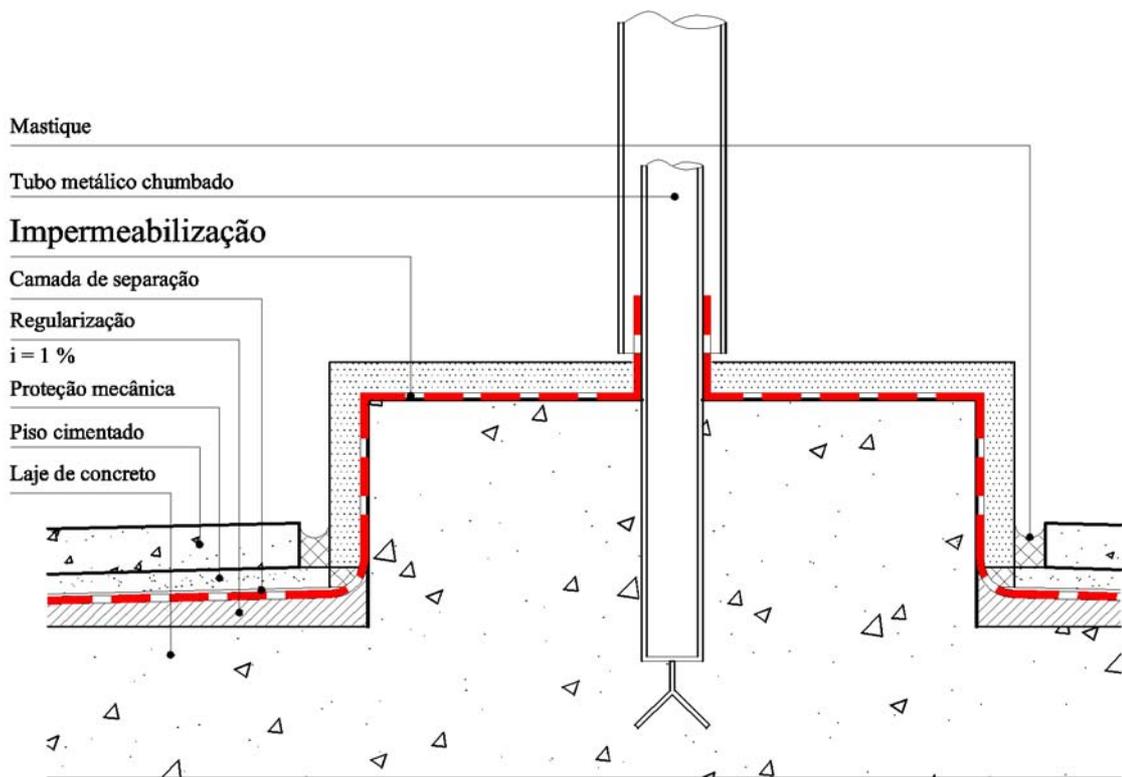


Figura 24: representação gráfica de chumbamento.

Conforme o item 4.4/f, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998), nos casos de desnível a diferença entre as cotas de nível nas áreas interna e externa deve ser de, no mínimo, 6 cm da impermeabilização, em nível interno acabado (figura 25).

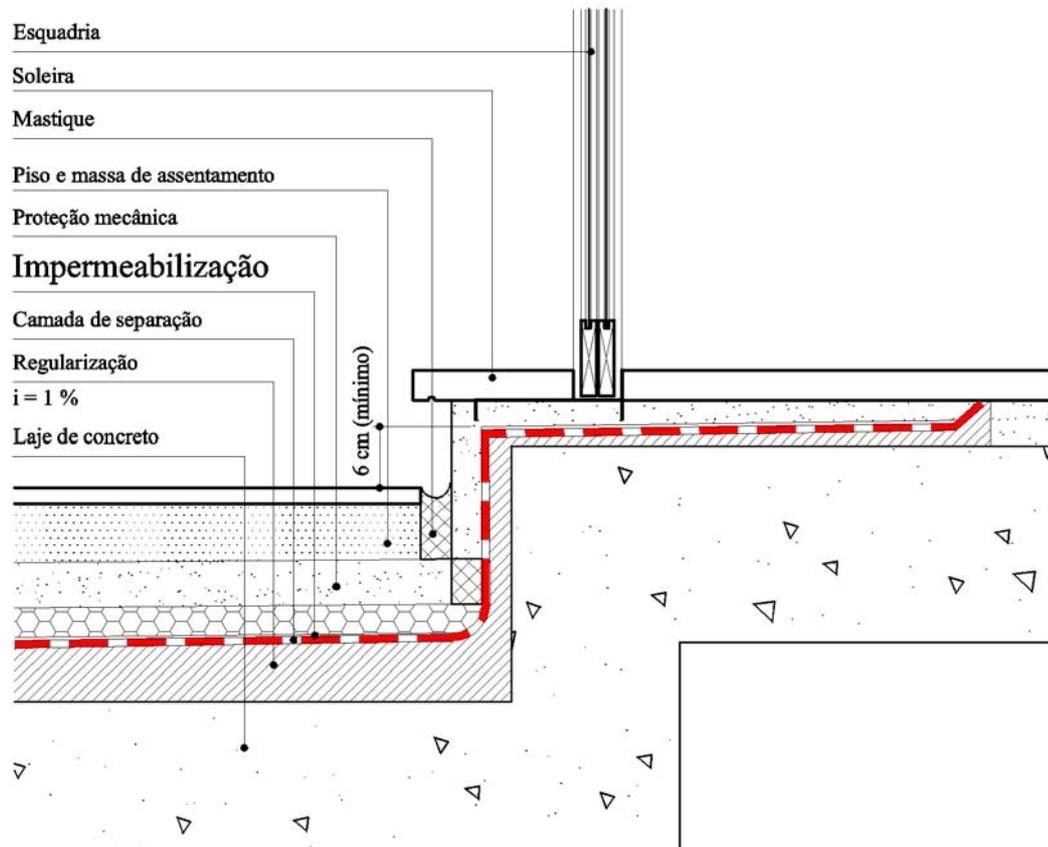


Figura 25: representação gráfica de cota de nível.

Todas as passagens de tubulação que atravessam a impermeabilização devem possuir detalhes específicos de arremate e de reforços da impermeabilização, conforme o item 4.4/g, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998). De acordo com Porcello (1997), no caso de tubos de PVC os mesmos devem ser encamisados por tubo metálico. A vedação destes poderá ser feita através de um rufo metálico, tipo “gola” (figura 26).

Etapas de execução

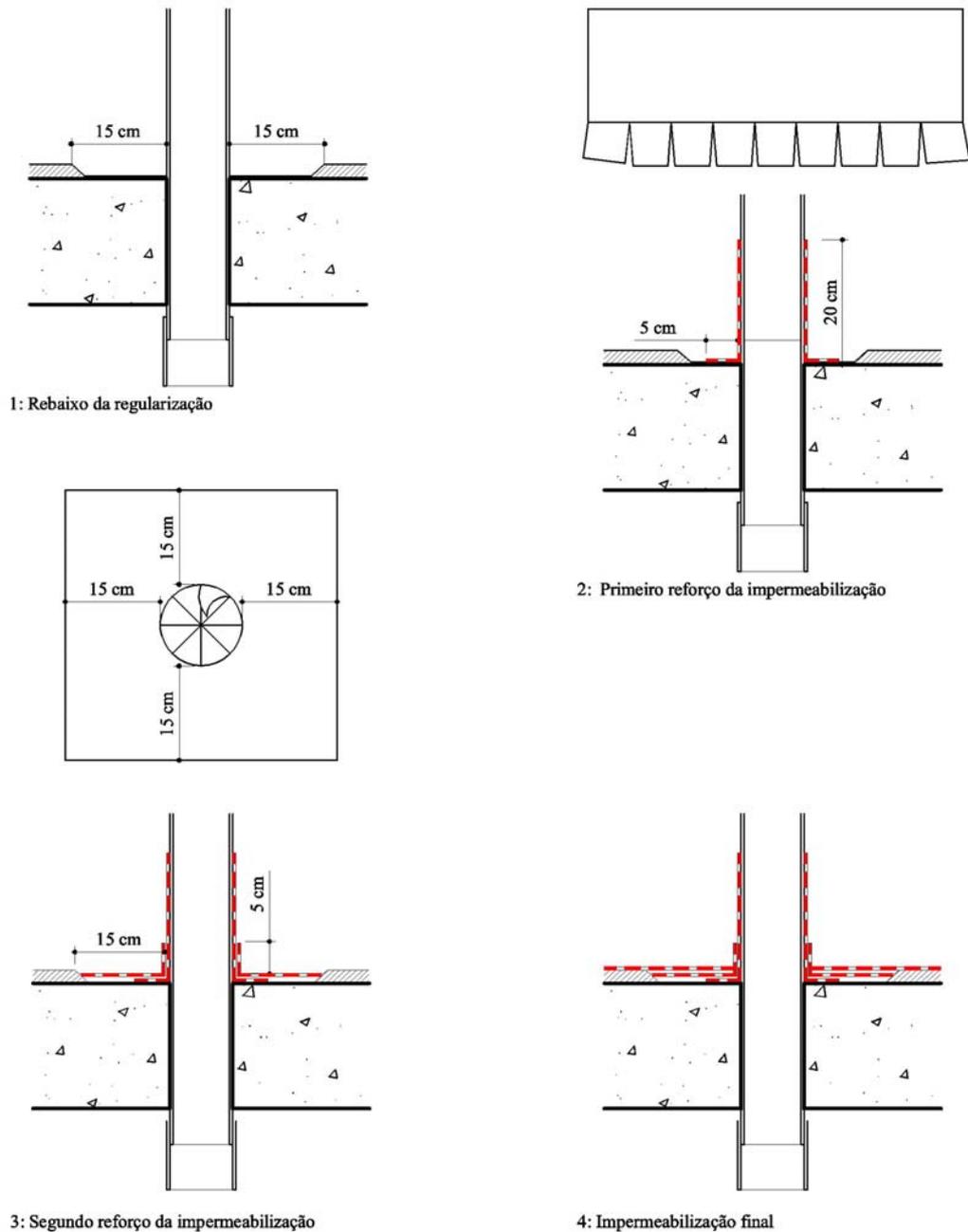


Figura 26: representação gráfica de passagem de tubulação.

Nas juntas de trabalho, ou seja, no encontro entre materiais construtivos distintos devem-se prever reforços da impermeabilização, conforme o item 4.4/h, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998), (figura 27).

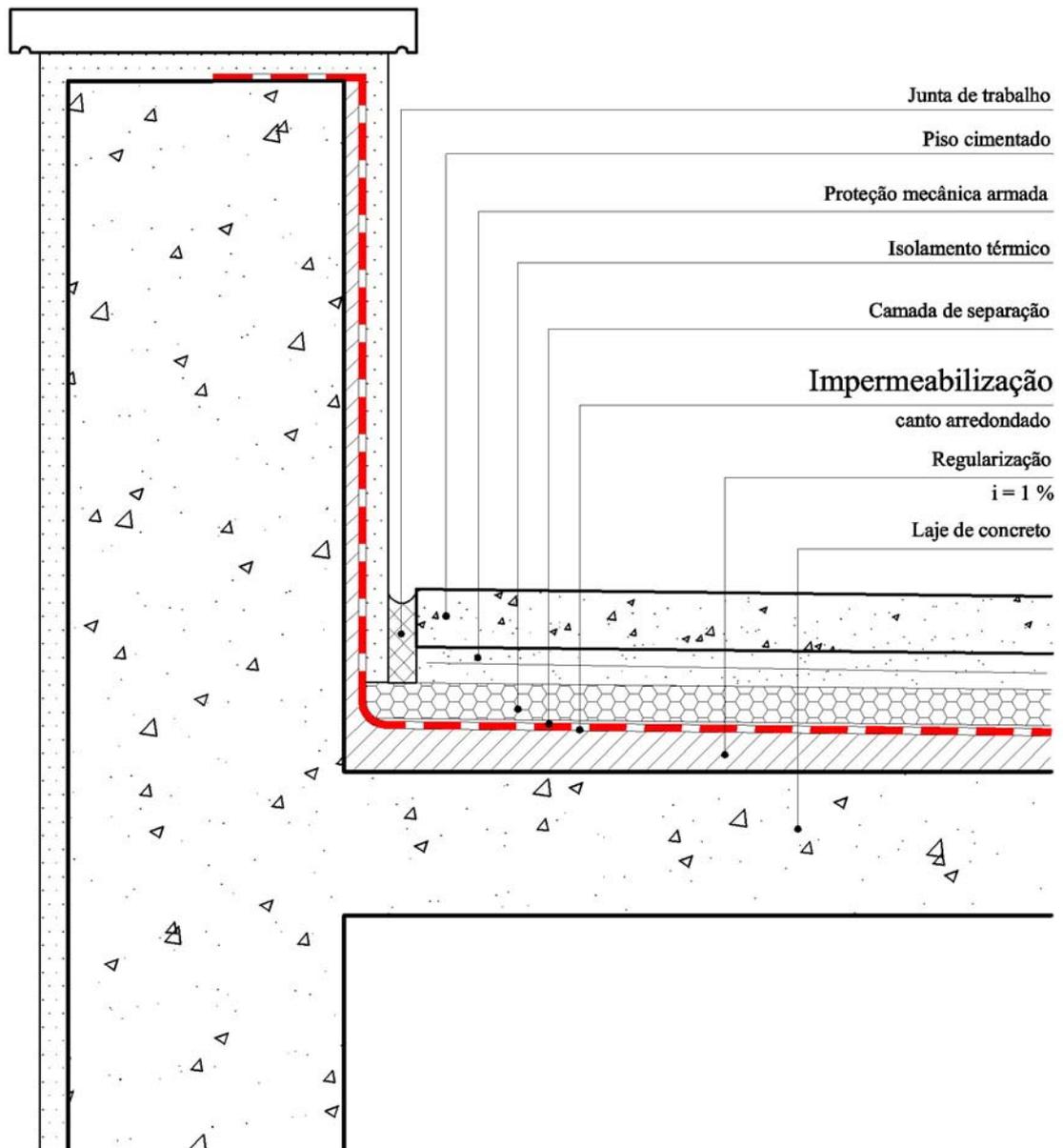


Figura 27: representação gráfica de junta de trabalho.

Nas juntas de dilatação, conforme o item 4.4/i, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998), deverá ser previsto tratamento específico compatível aos reforços atuantes e materiais utilizados na impermeabilização, ao longo das juntas, as quais, preferencialmente, devem ser divisores de água, com cotas mais elevadas no nivelamento do caimento (figura 28).

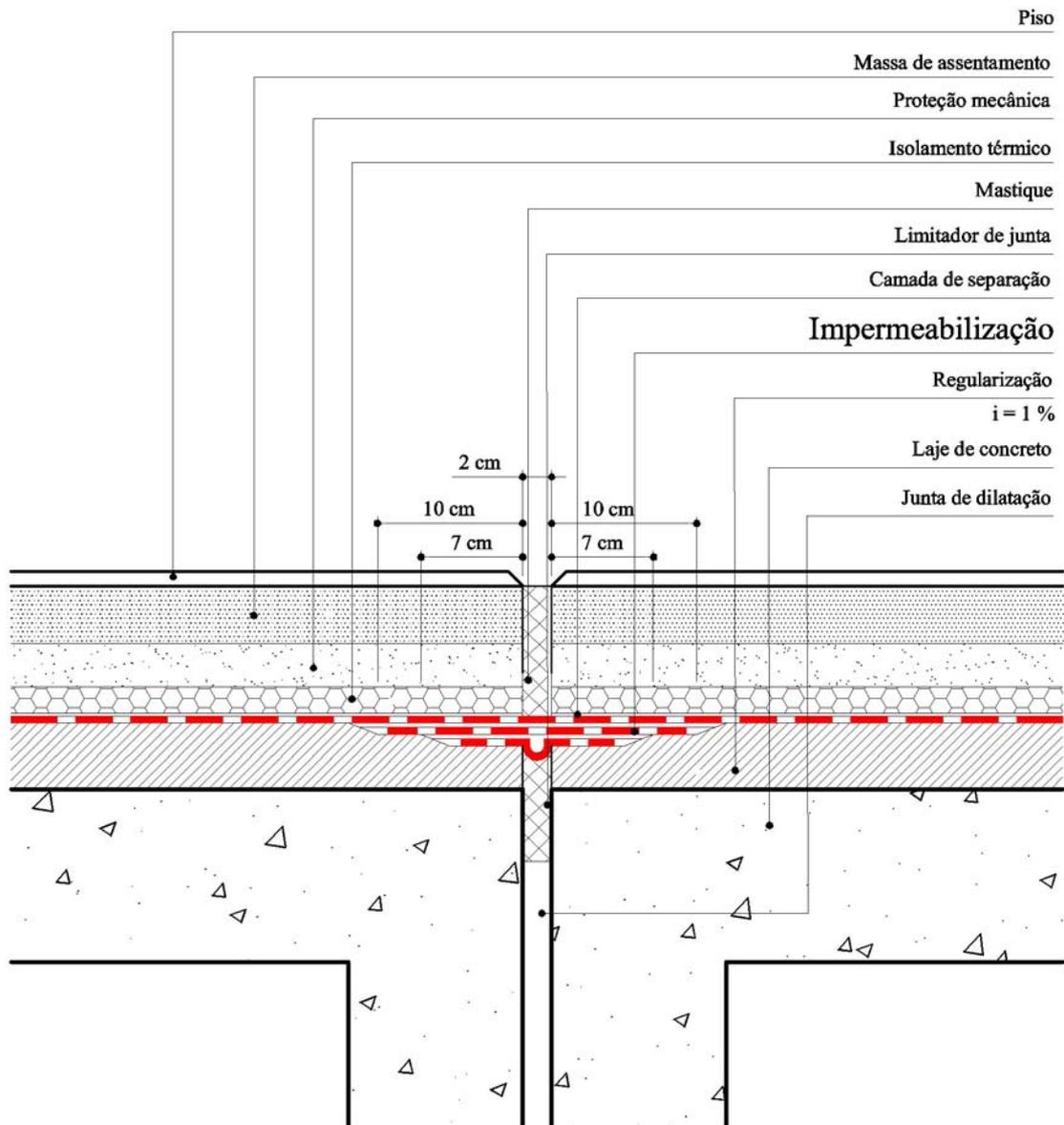


Figura 28: representação gráfica de junta de dilatação.

Até a cota final de arremate da impermeabilização, devem ser executados paramentos verticais, preferencialmente, em concreto ou alvenaria de tijolos maciços, rigidamente ancorados e engastados às estruturas, prevendo-se os reforços necessários da impermeabilização. É o caso das platibandas onde não é aconselhável a utilização de tijolos furados (não oferecem resistência mecânica à ancoragem da manta) e de blocos de concreto (migração da umidade), conforme o item 4.4/j, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998) (figura 29).

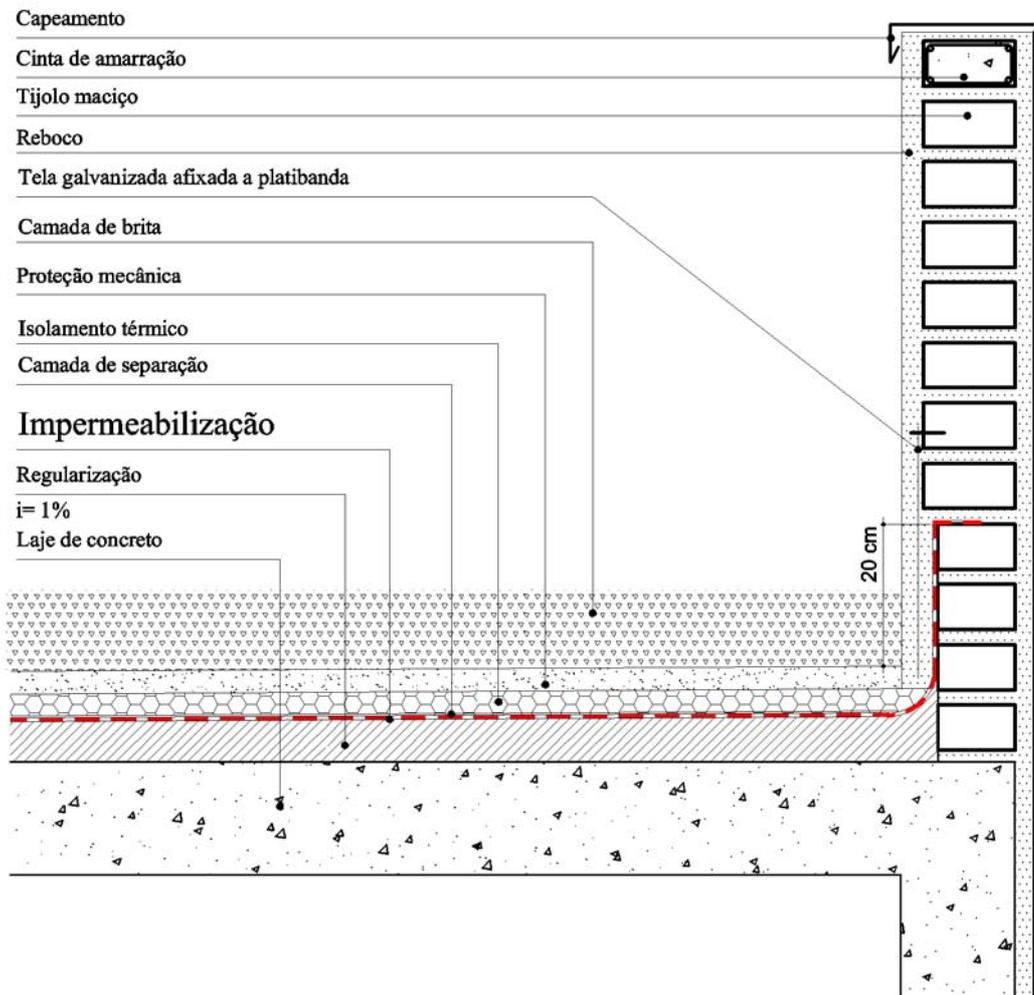


Figura 29: representação gráfica de paramento vertical.

Conforme o item 4.4/k, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998), as pingadeiras devem ser previstas nos locais necessários, cabendo ao projetista definir os tipos a serem adotados. De acordo com a apostila do CTI - Curso Técnico de Impermeabilização (2002), deve-se prever a instalação de pingadeiras em muretas, platibandas e parapeitos, de forma a impedir o escorrimento da água nos paramentos verticais e evitando com que a mesma penetre no arremate de impermeabilização (figura 30).

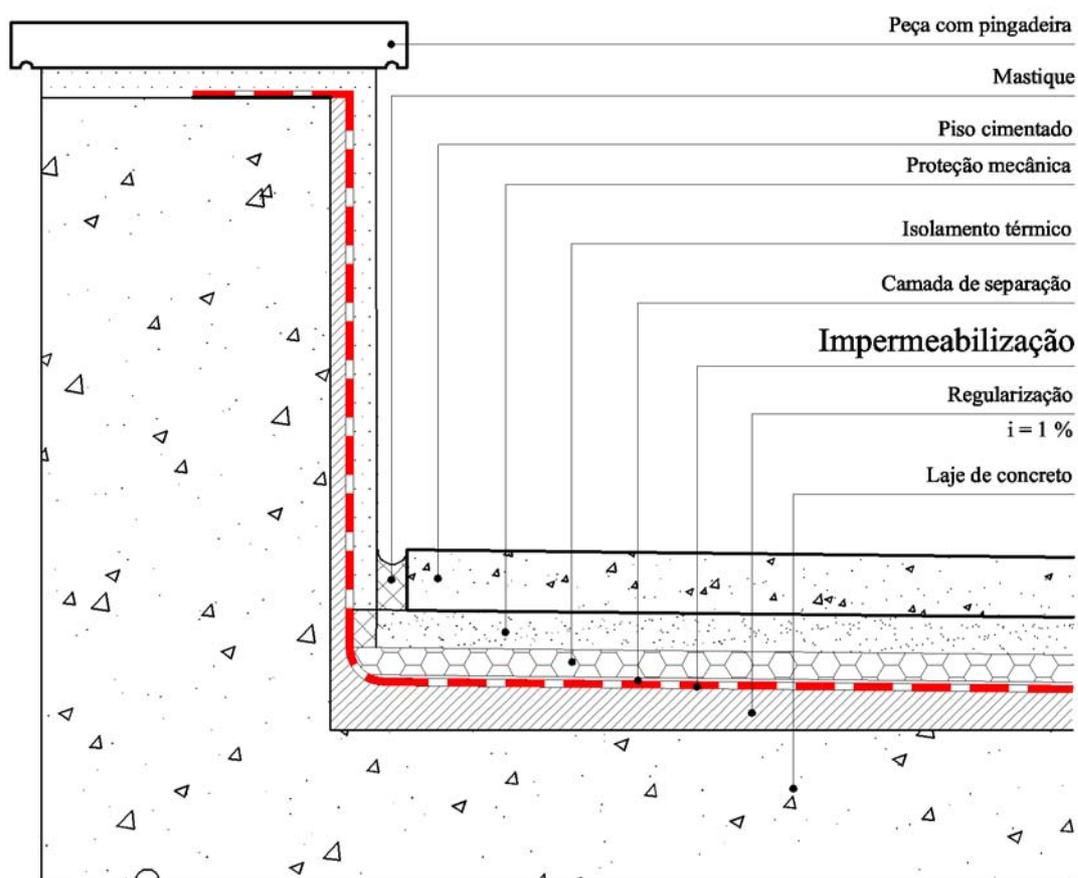


Figura 30: representação gráfica de pingadeira.

As arestas e cantos vivos (figura 31) devem ser arredondados (salvo observação do fabricante) conforme o item 4.4/l, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998).

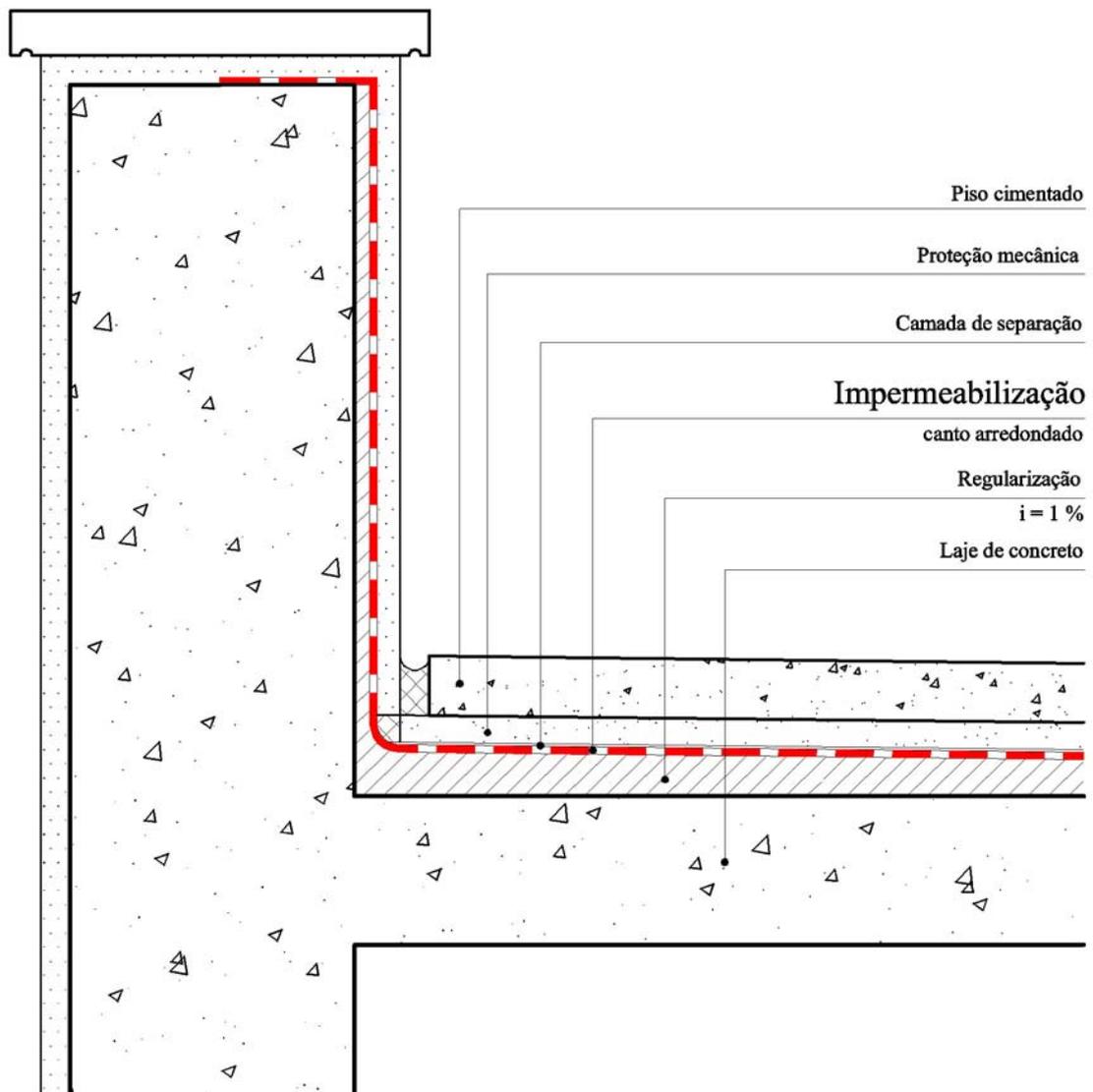


Figura 31: representação gráfica de canto.

Deverão ser previstas em projeto, passagens de água que atravessem as vigas invertidas e que permitam a passagem de tubulação com diâmetro mínimo de 75 mm (figura 32), sem emendas e posicionada no nível da argamassa de regularização, conforme o item 4.4/m, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998).

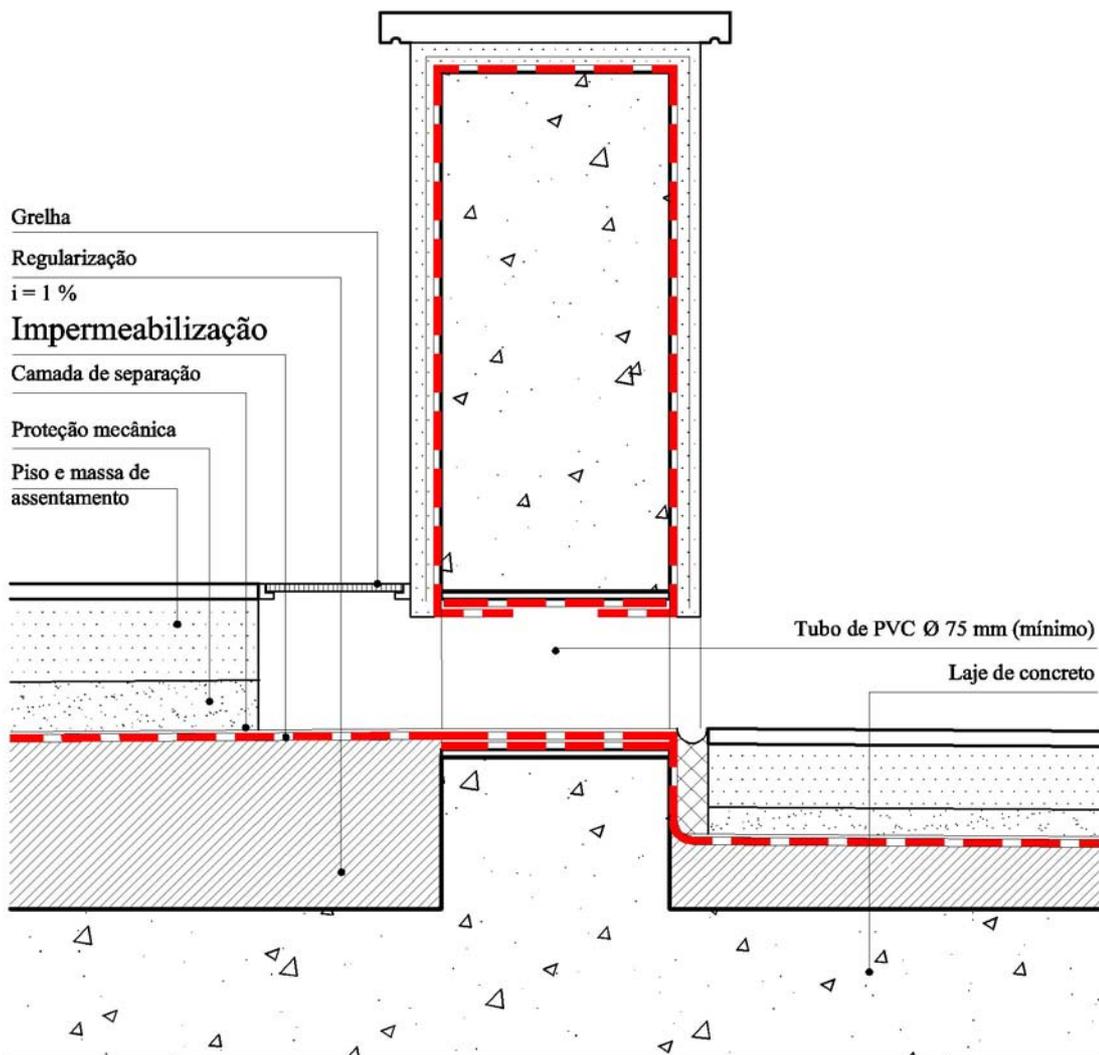


Figura 32: representação gráfica de passagem de tubulação em viga invertida.

4.3.2.5 Ensaio hidráulicos

Após a cura da impermeabilização, deve ser executado ensaio hidráulico de, no mínimo, 72 horas, para detecção de eventuais falhas. No caso da necessidade de reparos, o ensaio deve ser refeito, para posterior liberação, conforme o item 4.5, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998).

4.3.2.6 Camada de separação

Conforme o item 4.6, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998), camada de separação é o elemento colocado entre a camada de impermeabilização e a proteção mecânica para impedir a aderência, permitindo movimentos independentes entre elas.

4.3.2.7 Proteção da impermeabilização

Conforme o item 4.7, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998), as proteções das impermeabilizações, executadas imediatamente após a liberação de ensaio hidráulico, devem ser concebidas e dimensionadas de acordo com a finalidade e nível das solicitações a que estão submetidas. Além disso, se enquadram em classificações distintas, variando devido à dispensa ou não, da proteção mecânica, como segue:

- a) sistemas de impermeabilização que dispensam a proteção mecânica: são os que possuem acabamento superficial incorporado na fabricação (mantas asfálticas com acabamentos granulares ou aluminizados). Em qualquer uma das situações, devem possuir características técnicas para retardar o envelhecimento da impermeabilização pela ação das intempéries, agentes poluentes e influências foto-químicas (irradiação solar). Além disso, é importante apresentarem compatibilidade com o sistema de impermeabilização adotado e serem utilizados somente em locais com eventual trânsito de pessoas (manutenção);

- b) proteção mecânica provisória e/ou intermediária: devem servir de camada de distribuição de esforços e amortecimento das cargas na impermeabilização, provenientes das proteções finais ou pisos. É importante que a impermeabilização seja protegida durante a construção e que, quando solicitados, trinquem sem desagregar, transferindo à impermeabilização os efeitos de carregamentos normais, sem provocar danos. E, por fim, quando esta camada for especificada em argamassa, executá-la com, no mínimo, 1,0 cm de espessura, no traço volumétrico entre 1:5 e 1:7 (cimento e areia);
- c) proteção mecânica final para solicitações leves e normais: são utilizadas para distribuir sobre a impermeabilização dos carregamentos normais. A sua classificação é dividida em eventual, leve e médio. O carregamento eventual é constituído de trânsito de pessoas para manutenção. O leve é formado prevendo circulação de pessoas, apoio de dispositivos leves de paisagismo e outros. O médio deve receber jardineiras, bases de equipamentos leves e outros. Estas proteções mecânicas devem ser dimensionadas de acordo com as solicitações e possuir resistência mecânica compatível com os carregamentos previstos. Além disso, é necessário que possuam juntas de trabalho preenchidas com materiais plastoméricos, principalmente nos encontros dos diferentes planos. A proteção mecânica final deve ter espessura mínima de 3,0 cm e o traço volumétrico a ser utilizado deve ser definido de acordo com a solicitação, não podendo, contudo, ser inferior a 1:5 (cimento e areia), conforme a Norma de Projeto de Impermeabilização;
- d) proteção termomecânica: tem como objetivo reduzir os efeitos das oscilações térmicas sobre as estruturas, melhorar o conforto térmico na edificação e, quando aplicada sobre a impermeabilização, aumentar sua longevidade. Deve ser estável, resistente às cargas atuantes e não deteriorável. Para a aplicação sobre a impermeabilização, é necessário que apresente baixa absorção d'água para manter as propriedades isotérmicas, salvo quando prevista outra impermeabilização. Visando a maior durabilidade do sistema, este deve apresentar compatibilidade com a impermeabilização, sendo que as proteções térmicas devem ser, preferencialmente, aplicadas sobre ele. Por fim, é importante que, quando for executada proteção mecânica sobre o isolamento térmico, esta seja armada;

- e) proteção em superfície vertical: protege as impermeabilizações do impacto, intemperismo e abrasão, atuando como camada intermediária quando forem previstos, sobre elas, revestimentos de acabamento. Nas impermeabilizações flexíveis, as camadas de proteção devem sempre ser armadas com telas metálicas fixadas, no mínimo, 5 cm acima da cota da impermeabilização. A armadura deve ser fixada mecanicamente à parede, sem comprometimento da estanqueidade do sistema (ver fig. 66).

4.3.2.8 Projetos interferentes no projeto de impermeabilização

Conforme o item 4.8.1, contido na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998), o sistema de impermeabilização a ser adotado deve ser compatível com as solicitações das estruturas conforme a estrutura do concreto.

No projeto hidráulico, as tubulações são o ponto mais importante. Estas não devem ser embutidas nas lajes, mas posicionadas sob ou sobre elas. Se introduzidas na alvenaria das paredes verticais, devem possuir recobrimento mínimo de 2,0 cm. Externas às paredes, é importante que se apresentem afastadas entre si ou dos paramentos verticais (mínimo 10 cm). Quando passarem paralelamente sobre a laje a ser impermeabilizada, convém estarem colocadas, no mínimo, 10 cm acima do piso acabado. As tubulações de água quente devem ser isoladas termicamente e embutidas em outra de maior diâmetro, conforme o item 4.8.2, contido na NBR 9575/98.

Ussan (1995) enfatiza que quando da análise do projeto hidráulico, após a identificação da rede de esgoto pluvial, que recolherá a água lançada sobre a área impermeabilizada, deve-se analisar os pontos de coleta d'água, o diâmetro dos ralos e tubulações, os caimentos das regularizações, a posição dos tubos de queda, bem como o desnível das soleiras de portas.

Porcello (1997) recomenda que os coletores de águas pluviais, no que tange às interferências com instalações, devam ser em número e posição tais, que o ponto de contribuição mais distante não se encontre a mais de 5 m da coleta, o que possibilitará regularizações de no máximo 7 cm de espessura. Os ralos devem estar afastados 10 cm, no mínimo, de superfícies verticais, de forma a permitir o arredondamento dos cantos junto aos rodapés. No projeto elétrico, as instalações devem estar embutidas na alvenaria ou, se expostas, instaladas acima

do nível de impermeabilização. As tubulações que trespassam as lajes impermeabilizadas devem ser rigidamente fixadas à estrutura. Além disso, é importante que as passagens de tubulações apresentem-se protegidas em locais que dificultem a execução da impermeabilização. Os conjuntos de tubulações devem estar suficientemente afastados entre si, para permitir a execução de reforços e arremates da impermeabilização. As caixas de inspeção, caixas de passagem e tomadas devem ser executadas acima da impermeabilização e devem ser dispostas de forma a evitar a penetração de água em seu interior. É necessário que sejam previstos pontos de instalação de pára-raios, antenas e outras instalações equivalentes, ressaltando os reforços e arremates de impermeabilização.

Ussan (1995) sugere, quando da análise do projeto elétrico, para que se possam evitar eventuais problemas de infiltração relacionados ao sistema elétrico da edificação, analisar detidamente a posição das caixas de passagem, a posição dos pontos de luz em paredes, a saída dos eletrodutos para cima, a passagem de eletrodutos em pisos na altura do rodapé de impermeabilização e, finalmente, alguns itens que causam muitos transtornos: sinalizadores, postes, motores elétricos, caixas de som, etc. Portanto, o controle de todas as possíveis entradas de água por peças que compõem o projeto elétrico devem merecer muita atenção.

Quanto aos projetos de paisagismo e arquitetura, a NBR 9575/98 prescreve, para o primeiro caso, que devem ser utilizadas nas áreas impermeabilizadas somente plantas de pequeno porte, de raízes não perfurantes, de forma a não danificar a impermeabilização, cujo sistema deve conter aditivo herbicida que iniba o crescimento de raízes, sendo prevista proteção específica contra as perfurações que estas possam acarretar.

Morgado (1998) observa que caso a impermeabilização não possua aditivo herbicida, deve ser executada uma proteção anti-raiz, que poderá ser uma pintura anti-raiz à base de alcatrão⁸ com polímero (executada após a proteção mecânica) ou a aplicação de camada de laminado (folhas de cobre).

Com relação à arquitetura, as instalações finais da edificação (ar condicionado, playground, quadras poliesportivas, gradis metálicos, etc.) devem ser estudadas de forma a não danificar a impermeabilização, prevendo-se os arremates e reforços necessários.

⁸ Alcatrão: mistura de substâncias aromáticas, de grande utilidade como matéria-prima nas indústrias químicas. Benzeno, tolueno, naftaleno, antraceno e fenantreno são exemplos dessas substâncias. (CANTO, 1996).

Ussan (1995) sugere, como precaução, que sejam avaliadas as áreas que estarão em contato com a água de forma eventual ou constante, bem como identificar o tipo de piso de acabamento das áreas impermeabilizadas e os caimentos previstos pelo arquiteto.

O projeto das inclinações deverá ser executado de forma a determinar, definitivamente, a espessura da camada de regularização, projetada em função dos ralos, considerando-se que após a impermeabilização serão colocados a camada separadora, o isolante térmico, a proteção mecânica e o piso definitivo.

Com relação ao piso definitivo, cabe ao projetista especificar qual o tipo a ser utilizado na área impermeabilizada e na área junto à soleira, pois conforme a espessura do mesmo, acrescida da espessura da argamassa de assentamento, será possível determinar o desnível junto às soleiras.

De posse do projeto das inclinações e da especificação do piso definitivo será possível determinar os desníveis e caimentos das áreas impermeabilizadas com a espessura das seguintes camadas, a partir da face superior da laje:

- a) regularização com seu respectivo caimento;
- b) impermeabilização;
- c) camada de separação;
- d) isolamento térmico;
- e) proteção mecânica (armada);
- f) argamassa de assentamento do piso definitivo;
- g) piso definitivo.

Vale observar que o nível no piso interno é constante, enquanto que no piso externo é variável em função dos caimentos para os ralos. Igualmente, faz-se necessária a determinação dos níveis do projeto arquitetônico. Normalmente os níveis estimados sofrem alguma alteração em função das espessuras e caimentos não previstos no projeto arquitetônico. Comprovada a necessidade da alteração destes dados deverá ser encaminhada notificação aos projetistas

dos projetos arquitetônico e estrutural no sentido de adaptarem seus projetos à nova configuração.

Outras precauções dizem respeito à determinação do tipo de água atuante (percolação, pressão ou capilaridade) que atuará sobre a impermeabilização e irá influenciar na especificação da mesma.

Outrossim, entende-se que, no âmbito do conhecimento a ser incorporado na fase de projeto, se encontra também a necessidade do conhecimento sobre tecnologia dos materiais e componentes, pois quando da produção é no projeto que se definem as escolhas de tecnologia que definirão o comportamento futuro dos edifícios. Em todos os subsistemas existem necessidades de estudos específicos, especialmente no que diz respeito ao desempenho ao longo da vida útil de materiais e componentes e de suas interfaces. Em especial, constata-se no Brasil uma defasagem no conhecimento do desempenho de sistemas e subsistemas, sob todos os aspectos definidos na ISO⁹ 6241 como exigências dos usuários. Aspectos como durabilidade e conforto térmico ainda não são incorporados às metodologias de desenvolvimento de projeto.

Este conhecimento, em alguns casos, demanda o desenvolvimento de programas de pesquisa de longo prazo e/ou com avaliação em situações reais (avaliações e inspeções técnicas em edifícios construídos por meio de avaliações pós-ocupação).

4.4 TÉCNICA DE EXECUÇÃO (SISTEMA NÃO ADERIDO)

Picchi (1986) comenta que o emprego do sistema pré-fabricado tem crescido com a introdução de novos materiais, o que tem levado a um maior uso do sistema não aderido. Observa, porém, que a utilização mais freqüente deste sistema deve ser acompanhada da melhoria do controle de qualidade (dos materiais e principalmente da execução) e de um maior cuidado na proteção das impermeabilização, sem o que poderá acarretar uma porcentagem maior de insucessos.

⁹ ISO – International Organization for Standardization: Performance Standards in Building: principles of their preparation and factors for inclusions (ISO 6241: London, 1984).

Para Cunha e Neuman (1979), qualquer parte da edificação que se destine à cobertura e que deva ser impermeabilizada por manta asfáltica no sistema não aderido, deve merecer cuidados especiais por parte do construtor, conforme segue:

- a) preparação da superfície: a superfície sobre a qual vai ser aplicada a impermeabilização, ou seja, o suporte da impermeabilização, deve apresentar-se regular, lisa, sem protuberâncias ou materiais desagregados;
- b) execução da camada de regularização: sempre que possível, deveria ser evitado o uso de camada de regularização, cabendo à estrutura portante atender a estes requisitos. Para tanto, na concretagem da estrutura portante deveriam ser observados os detalhes necessários, tais como caimento mínimo, arredondamento de cantos e arestas, etc. Entretanto, na maioria das obras, estes serviços não são executados durante a concretagem da estrutura portante, sendo exigida a camada de regularização.

Ramos (1988) defende que os procedimentos a serem adotados para a execução da camada de regularização sobre estrutura portante, com o objetivo de fornecer uma superfície lisa, homogênea, firme e com os caimentos necessários para a aplicação da impermeabilização são os que seguem:

- a) especificação dos materiais: cimento; areia lavada e peneirada;
- b) especificação do serviço: a regularização deverá ser constituída de uma camada de argamassa de cimento e areia, traço volumétrico 1:3, sem aditivo impermeabilizante, de espessura mínima 3 cm e caimento de, no mínimo, 1% em direção à coleta das águas pluviais;
- c) seqüência de aplicação,
 - limpar cuidadosamente a superfície a ser tratada;
 - remover todos os elementos estranhos, tais como madeira, pontas de ferro, arames, entre outros;
 - remover as partes soltas e desagregadas. A superfície deve estar limpa, isenta de substâncias oleosas e graxas;
 - as tubulações que atravessam a estrutura devem estar firmemente fixadas a seus locais definitivos;

- todos os cantos e arestas vivas devem ser arredondados com raio mínimo de 8 cm (salvo observação do fabricante da manta asfáltica);
- a superfície deve ser desempenada com desempenadeira de madeira, feltro ou espuma (não deve ser alisada com colher de pedreiro ou desempenadeira de aço);
- nas superfícies verticais, aplicar chapisco de cimento e areia, no traço volumétrico 1:3, para melhor aderência da argamassa. Em superfícies verticais de altura considerável (acima de 1m) deve-se proceder um apicoamento no concreto antes da aplicação do chapisco. Em rodapés de concreto, de pequena altura (até 30 cm), cuja superfície esteja bem homogênea, porém, não excessivamente lisa, pode ser suficiente a limpeza e arremate de imperfeições, desde que a superfície apresente boas condições para aderência da impermeabilização (caso não existam, deverão ser abertos rebaixos de 2,5 cm x 2,5 cm em todos os rodapés, a 20 cm do piso acabado).

4.4.1 Planejamento das seqüências de execução

Porcello (1997), observa que o planejamento da impermeabilização é dependente do macroplanejamento da obra, pois a própria trajetória da obra determinará os momentos em que as impermeabilizações estarão sendo realizadas (uma vez que nunca serão ao mesmo tempo). Para Cunha e Neumann (1979), antes de serem iniciados os trabalhos de impermeabilização, o responsável deve deter-se no planejamento das seqüências de execução para que os mesmos obedeçam uma ordem racional, valendo observar que os detalhes de difícil solução ou execução devem ser primeiramente resolvidos, evitando-se perda de tempo e de material, conforme segue:

- a) detalhes de arremates: todas as obras de impermeabilizações com mantas devem ser iniciadas pelo preparo de cantos periféricos e, posteriormente pelos pontos de escoamento ou de entrada da água;
- b) colagem de mantas: o detalhe de execução que exige maior atenção é a fixação de mantas nos planos verticais. O sistema preferencialmente utilizado é o que utiliza adesivos para a colagem da manta. Observe-se que os adesivos levam muito tempo para adquirir sua resistência máxima e são formulados para não se tornarem rígidos. Ao puxar a manta recém colada, iniciando-se por uma de suas bordas, sempre será possível destacar a peça. Por esta razão as bordas superiores devem ser dobradas para dentro de um sulco ou por cima da mureta;

- c) fixação mecânica da manta em planos verticais: sempre que a manta tiver que acabar no plano vertical, por não se ter onde dobrar a borda superior, é necessário prever-se uma maneira de prender esta borda. O calor enfraquece o poder de aderência e a massa tende a empenar. Estes fatores podem provocar a queda do revestimento. O procedimento utilizado para a fixação mecânica é o da utilização de pinos de aço, cravados com tiro de pistola;
- d) proteção e revestimentos: a argamassa de proteção, nos planos horizontais, deve ser sempre executada no mesmo dia em que a manta é colocada. Este serviço tem que ser executado pelos empreiteiros de impermeabilização e, por tratar-se de serviço especializado sob hipótese alguma poderá ficar a cargo de terceiros. A argamassa de proteção deve ser aplicada mesmo que se planeje executar uma pavimentação logo em seguida à impermeabilização.

Como foi comentado no item b, o sistema mais usual de revestimentos de planos verticais é o que utiliza adesivos com o seguinte procedimento:

- a) aplicação de adesivo líquido à base de asfalto e elastômero emulsionado, sobre a manta;
- b) espargimento de areia seca sobre o produto ainda fresco, deixando secar;
- c) aplicação de chapisco com massa forte e revestimento com massa de cimento e areia;
- d) concluída a tarefa, manter o revestimento espargido com água durante três dias.

Observe-se que se faz indispensável o uso de tela metálica para armar a argamassa de revestimento, sempre que esta vá formar um ângulo externo, por exemplo, arremates com lâminas de alumínio gofrado¹⁰: o uso de mantas de alumínio gofrado, com camada de berço asfáltico incorporado, deve ser o sistema preferido para arremates e acabamentos de planos verticais em muretas, laterais de calhas, beirais, etc.. Os acabamentos com argamassa nestes lugares, são sempre sujeitos a vários problemas, tais como trincas e rachaduras,

¹⁰ Alumínio gofrado: alumínio com textura adquirida através de prensa de placas gravadas (CUNHA; NEUMANN, 1979).

empenamentos, desprendimentos e desagregações, além de demandar muita mão-de-obra para sua execução.

4.4.2 Execução da impermeabilização

No sistema não aderido as mantas são emendadas por sobreposição e aplicação de calor, com maçarico a gás (GLP). Após a fusão do asfalto através da solda autógena, as mantas são comprimidas, obtendo-se a emenda. A sobreposição entre as mantas é de 10 cm. Observe-se que a manta, nos paramentos verticais, nas soleiras e nos locais próximos aos ralos, sempre será aderida. A NBR 9574 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986) é a Norma que fixa as condições exigíveis na execução de Impermeabilização, e se aplica a todas as obras sujeitas à impermeabilização.

No que tange às condições gerais para execução da impermeabilização a Norma cita que o aplicador deve receber uma série de documentos técnicos para poder executá-la, conforme indicado na NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998):

- a) memorial descritivo e justificativo;
- b) desenhos e detalhes específicos;
- c) planilha de quantidade de serviços a serem realizados;
- d) indicação da forma de medição dos serviços a serem realizados;
- e) especificações dos materiais a serem empregados e dos serviços a serem realizados;
- f) dentre as condições específicas a Norma estabelece, entre outros, que,
 - as cavidades ou ninhos existentes na superfície devem ser preenchidos com argamassa de cimento e areia, no traço de 1:3, com ou sem aditivos;
 - as trincas e fissuras devem ser tratadas de forma compatível com o sistema de impermeabilização a ser empregado;
 - as superfícies devem estar suficientemente secas, de acordo com a necessidade do sistema de impermeabilização a ser adotado, cabendo a decisão ao executante;

- o executante das obras de impermeabilização deve obedecer rigorosamente o projeto, os detalhes construtivos, as especificações e os procedimentos de execução. A figura 33 identifica a seqüência da técnica de execução de um ralo coletor;



(a) 1ª etapa.

(b) 2ª etapa.



(c) 3ª etapa.

(d) 4ª etapa.

Figura 33: etapas de execução de ralo coletor.

- g) substrato a ser impermeabilizado não deve apresentar cantos e arestas vivos, os quais devem ser arredondados com raio compatível com o sistema de impermeabilização a ser adotado;
- h) as superfícies devem estar limpas de poeiras, óleos ou graxas, isentas de pontas de ferro e partículas soltas;
- i) deve ser vedado o trânsito de pessoal, material e equipamento, estranhos ao processo de impermeabilização, durante a sua execução.

No que se refere à execução de juntas de dilatação com mantas asfálticas no sistema não aderido adotam-se os seguintes procedimentos:

- a) inserir na abertura da junta, para apoio, material compressível com características elásticas como, por exemplo, o poliestireno expandido;
- b) transpor a junta com uma faixa de manta aderida à base, formando uma pequena bolsa para dentro da junta, cuja finalidade é diminuir a sollicitação sobre o material, nesse ponto;
- c) encher a bolsa com mastique de forma a não oferecer resistência ao movimento da junta;
- d) aplicar outra faixa adicional da manta, também aderida à base, por cima da anterior, ultrapassando-a;
- e) criar uma forma adequada para fixação do piso que estará sobre a impermeabilização. Quando for inviável a inserção do material compressível na junta, por sua diminuta abertura, antes da passagem da manta principal, deve-se:
 - cobrir a junta com uma faixa de manta, aderida à base;
 - aplicar por cima, ultrapassando-a, outra faixa adicional de manta, também aderida à base, conforme o detalhe representado pela figura 34.

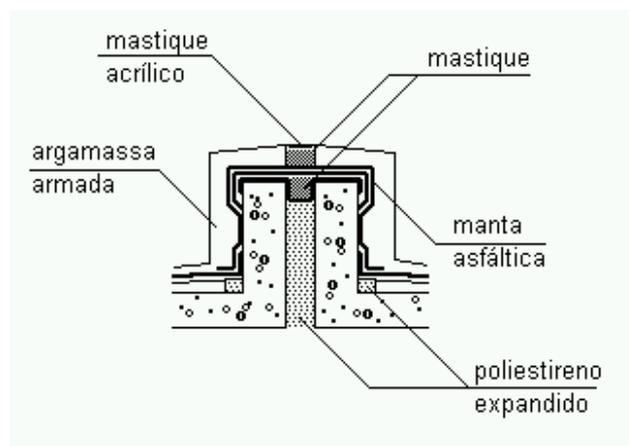


Figura 34: detalhe de impermeabilização de junta de dilatação.

Após a execução da impermeabilização, a Norma determina a execução de prova de carga com lâmina d'água.

4.4.3 Teste hidrostático

A NBR 9574 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986) recomenda que após a execução da impermeabilização seja efetuada prova de carga com lâmina d'água (figura 35), teste hidrostático, com duração mínima de 72 horas, para verificação da aplicação do sistema empregado.



Figura 35: teste hidrostático em execução.

Conforme Ramos (1988), para obtenção desta lâmina d'água devem ser colocados pedaços de tubo de PVC nos ralos, na altura desejada, de forma que o excesso de água de chuva possa ser extravasado. No caso de vazamento, este será constatado pelo umedecimento do substrato na face oposta à área impermeabilizada. Ussan (1995) enfatiza a importância do teste hidrostático visando descobrir e determinar a origem das infiltrações que venham ocorrer em uma área impermeabilizada. O teste realizados são:

- a) de canalização pluvial: colocação de mangueira diretamente na canalização ou no fundo da caixa sifonada (ralo) com água corrente;
- b) teste de caixa sifonada: vedar a saída da caixa com bucha de pano ou plástico e encher com água até o nível imediatamente abaixo da impermeabilização;

- c) teste do arremate da impermeabilização no ralo: aumentar o nível da água até o nível do piso acabado;
- d) teste do piso: aumentar o nível da água para que a mesma, por etapas, vá completando o terraço até chegar a parte inferior do paramento vertical, ou da soleira, quando esta ocorrer;
- e) teste dos paramentos verticais: procurar falhas, fissuras ou acidentes próximo ao local de infiltração e direcionar a eles um jato de água com auxílio de mangueira.

4.4.4 Execução da camada de separação

Concluído o teste hidrostático é executada a camada de separação (figura 36), disposta entre a impermeabilização e seu suporte para obtenção do sistema independente, ou entre a impermeabilização e a proteção mecânica, para evitar danos devidos à movimentações diferenciadas. O material utilizado é geralmente o papel *kraft* betumado duplo, podendo também ser utilizado feltro asfáltico. Lopes (1998) observa que esta independência do sistema é garantida através da colocação prévia desta camada de dessolidarização.



Figura 36: execução de camada de separação com utilização de papel *kraft*.

4.4.5 Execução do isolamento térmico

Na seqüência, leva-se a efeito o isolamento térmico, que com o surgimento de novos materiais isolantes pouco absorventes, tais como o poliestireno expandido moldado¹¹, por exemplo, possibilitou o uso da disposição onde o isolamento térmico é colocado sobre a impermeabilização, sistema conhecido como *up side down* - U.S.D. Outrossim, a NBE QB-90 (Norma Básica de la Edificación, 2000) observa que tais placas devem ter uma resistência à compressão igual ou maior que 0,2 MPa.

O sistema U.S.D. apresenta as seguintes vantagens:

- a) dispensa o uso de barreira de vapor¹², uma vez que a própria impermeabilização impede que o vapor de água do ambiente interior atinja o isolamento térmico;
- b) protege a impermeabilização termicamente (figura 37), o que contribui sensivelmente para o aumento de sua durabilidade.



Figura 37: isolamento térmico com placas de poliestireno expandido moldado.

Na Região da Grande Porto Alegre, praticamente todas os isolamentos térmicos de cobertura são feitos neste sistema. Entretanto, faz-se importante ressaltar que a umidade absorvida pelo isolamento térmico, no sistema *up side down* - U.S.D., diminui sua resistência térmica.

¹¹ Poliestireno expandido moldado: material moldado em placas rígidas com as seguintes características: condutibilidade térmica (0,029 kcal/h.m²) e densidade (35 kg/m³). (MANUAL TÉCNICO VIAPOL).

¹² Barreira de vapor: membrana que impede a migração do vapor d'água, podendo ser de material metálico, plástico ou betuminoso (papel *kraft* betumado). (CUNHA; NEUMANN, 1979).

Prevedendo-se este problema, uma solução que pode ser adotada é a de se empregar uma espessura de isolante igual ao dobro da que é obtida no cálculo, utilizando-se o valor da resistência térmica do material seco.

Outra solução seria manter-se o isolamento térmico com a espessura calculada normalmente, introduzindo-se uma impermeabilização secundária, mais econômica que a principal, com o objetivo de proteger o isolamento térmico da umidade.

A NBE QB-90 (Norma Básica de la Edificación, 2000) registra que quando se utilizam placas isolantes tais como placas de poliestireno expandido ou extrudado, ou placas de poliuretano cujas variações dimensionais produzidas pelas trocas de temperatura podem influir desfavoravelmente na impermeabilização, deve-se intercalar uma camada separadora entre o isolamento térmico e a impermeabilização.

Considere-se, também, que a cor da superfície externa da cobertura tem grande influência sobre o seu desempenho térmico. A maioria das impermeabilizações, de cor negra, não pode ficar exposta aos raios solares, pois nesta condição chega a atingir temperaturas da ordem de 40° C a 50° C acima do ambiente, devido ao efeito da radiação. Além disso, muitos materiais a base de polímeros¹³ utilizados em impermeabilização e em isolamentos térmicos são rapidamente degradados pela ação da luz solar, particularmente da radiação ultravioleta. Por estas razões a impermeabilização e o isolamento térmico exigem proteção contra a radiação solar.

Moraes (2002) observa que os aplicadores de impermeabilização, em grande número, deixam a cargo do cliente o uso do isolamento térmico nas lajes de cobertura, quando na realidade deveria, a utilização desse isolamento, ser uma obrigação de todo o corpo técnico envolvido no processo de proteção impermeável das construções.

4.4.6 Execução da camada de proteção provisória e/ou intermediária

A NBR 8083 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1983), documento complementar da NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998) define proteção como

¹³ Polímero: composto de alta massa molecular produzido pela união de várias moléculas de eteno (etileno) por meio de reações de adição. (PERUZZO; CANTO, 1996).

“camada sobrejacente à impermeabilização, com a finalidade de protegê-la da ação dos agentes atmosféricos e eventualmente das ações mecânicas”.

Observe-se que no sistema U.S.D., em que o isolamento térmico é colocado sobre a impermeabilização, a camada denominada “proteção” é colocada sobre o isolamento, protegendo-o também e configurando-o como um elemento de proteção da impermeabilização.

Roller (1988) salienta que a camada de proteção desempenha um importante papel entre uma impermeabilização que foi dimensionada para resistir durante sua vida útil às degradações e ações mecânicas suavizadas pela mesma e, de outro lado, entre as ações extremas do clima do local e das agressões mecânicas que a superfície da cobertura venha a sofrer (figura 38).



Figura 38: manifestação patológica resultante da falta de proteção adequada da manta asfáltica.

Tem-se assim um grupo de proteções que visam a manutenção das propriedades da impermeabilização sob as condições adversas do intemperismo e das variações climáticas.

Um segundo grupo que protege uma impermeabilização, é composto por material flexível e de pouca espessura, contra possíveis ferimentos mecânicos, que podem ser de origem climática (impacto de granizo, abrasão por vento carregado de areia, dilatação térmica diferente de camadas rígidas colocadas sobre a impermeabilização) ou decorrentes da utilização da cobertura (trânsito de pessoas, instalações de equipamentos, etc.) ou mesmo inevitáveis solicitações logo após a execução da impermeabilização (trânsito provisório de terceiros para execução de um piso final).

Pode-se assim listar as funções básicas da camada de proteção:

- a) proteção contra a degradação causada pela radiações ultravioletas e infravermelhas emanadas do sol;
- b) estabelecer uma faixa de temperatura de trabalho da impermeabilização, onde são evitadas temperaturas altas, que geralmente aceleram os processos de envelhecimento dos materiais impermeabilizantes e temperaturas muito baixas, que influem negativamente nas propriedades físicas (flexibilidade) da impermeabilização;
- c) diminuir a variação diária da temperatura junto da impermeabilização e do próprio substrato sobre o qual ela foi aplicada, para induzir menos tensões à impermeabilização;
- d) aumento da resistência à erosão pelo vento e pela chuva;
- e) melhorar a resistência contra a sucção exercida pelo vento em função do peso e rigidez da camada protetora;
- f) conferir maior resistência a impactos como os causados por granizo, tráfego de pessoas, queda de objetos, etc.;
- g) aumentar a segurança contra danos causados por terceiros durante a fase de construção;
- h) possibilitar a execução de um piso final para posterior utilização da cobertura como terraço, diferentemente do que documenta a figura 39.



Figura 39: manifestação patológica por falta de execução de piso final.

Os materiais disponíveis para compor uma proteção são:

- a) argamassas;
- b) agregados soltos;
- c) concretos leves;
- d) argamassa leve;
- e) espumas plásticas;
- f) filmes plásticos;
- g) filme de alumínio.

As argamassas, em princípio, as proteções rígidas como uma camada de argamassa, devem ser aplicadas em cima de uma impermeabilização somente após a execução de uma camada separadora, papel *kraft*, manta fina de espuma plástica, etc.. Isto porque a cura da argamassa causa uma retração da mesma e, posteriormente, a sua movimentação térmica pode causar danos à impermeabilização. Argamassas, mesmo em espessuras maiores do que 5 cm, não conferem um isolamento térmico à impermeabilização por causa do elevado coeficiente de condutibilidade térmica que elas possuem. Em coberturas sem isolamento térmico, elas devem ser utilizadas somente em um traço fraco, por exemplo, uma camada monolítica de 2 cm de espessura com traço volumétrico de 1:7. Em cima desta camada de argamassa fraca, também denominada de camada de transição, será executada uma nova camada com traço volumétrico de 1:3 a 1:5, conforme a resistência desejada, como proteção mecânica, tomando-se os devidos cuidados com o rejuntamento de quadros, não maiores do que 4 m². Em volta de todas as camadas de argamassa, mesmo de traço fraco, não pode ser esquecida uma junta de expansão de aproximadamente 3 cm de largura, preenchida com mastique elástico, para que a impermeabilização não seja ferida no rodapé, na sua expansão térmica. Cunha e Neumann (1979) ressaltam que não se pode deixar de observar a necessidade do controle da evaporação da água nas argamassas aplicadas sobre a impermeabilização, procedimento bastante negligenciado em grande parte das edificações. Sejam quais forem os traços utilizados, faz-se importante manter o revestimento molhado durante, pelo menos, os quatro primeiros dias, ao menos que se utilize um retardador de evaporação de água;

Os agregados soltos não devem ser utilizados diretamente sobre uma impermeabilização, fato que poderá causar ferimentos à mesma. Sobretudo quando há trânsito de pessoas na cobertura e o material asfáltico encontra-se à temperatura mais elevada apresentando, conseqüentemente, menos resistência à penetração. A grande vantagem dos agregados soltos é a sua fácil aplicação e a possibilidade de remover o material para inspeção ou conserto da impermeabilização. Outro ponto positivo é que uma camada de agregado solto dispensa a execução de juntas de dilatação, que são características das camadas de argamassa. A pedra britada 2, na espessura de 5 cm, não deixa penetrar os raios solares até a camada inferior, não retém umidade e, conseqüentemente, não dá condições de sobrevivência à vegetação em cima da cobertura. Antes do transporte para cima da laje, a brita deve ser lavada. Na escolha do tipo de pedra deve-se dar preferência à cores claras, que absorvem menos calor. Outro agregado solto é a argila expandida, que em espessuras de 20 a 30 cm, confere, ainda, isolamento térmico à cobertura;

Os concretos leves são utilizados com a finalidade de diminuir o peso da camada de proteção é possível a especificação de uma camada fina de 1 a 2 cm de espessura de concreto celular diretamente sobre a impermeabilização e, posteriormente, o complemento da espessura final desejada, com a execução de juntas de enfraquecimento, em quadros de 1 por 1 metro, e juntas de expansão em todo o perímetro. As vantagens de menor peso e menor condutibilidade térmica que os concretos leves possuem, são em grande parte anuladas em conseqüência da grande absorção de água nos poros, tanto por infiltração, como por ascensão capilar de água, que é acumulada próximo à impermeabilização. O peso específico de um concreto celular de 800 kg/m³, moldado *in loco*, pode elevar-se para 1.300 kg/m³ e a sua condutibilidade térmica, para um valor seis vezes maior, devido à absorção de água;

O uso de argamassas leves visa um menor peso de camada de proteção, bem como a diminuição de sua condutibilidade térmica, para tanto adiciona-se o agregado mineral vermiculita¹⁴. Sua utilização deve ser limitada a pequenas espessuras de 2 a 3 cm, que ainda permitam uma secagem periódica sob a ação do sol;

Espumas plásticas:

¹⁴ Vermiculita: agregado mineral incombustível de estrutura lamelar trifórmica que exposto a uma certa temperatura apresenta expansão ortogonal passando a ter um aspecto semelhante ao de uma sanfona aberta. É constituída essencialmente de silicatos de magnésio e alumínio, mais ou menos ferruginosos. Cada floco de vermiculita expandida contém células de ar inerte, o que lhe confere grande capacidade de isolamento. (AKRON).

- espuma rígida de poliestireno extrudada: devido à obtenção de 100% de células fechadas de paredes impermeáveis à água no seu processo contínuo de fabricação por extrusão, as placas de espuma de poliestireno extrudado não absorvem água, mesmo aplicadas diretamente acima da impermeabilização. Com isso, seu valor isolante se mantém constante a longo prazo e seu peso específico de 35 kg/m^3 não é alterado. Mesmo tendo uma resistência à compressão da ordem de 3 kg/cm^2 , as superfícies das placas não são suficientemente rígidas para oferecer danos à impermeabilização. A colocação de 5 cm de pedra britada diretamente acima das placas é aconselhada para conferir uma proteção contra a degradação por radiação solar. As espessuras normalmente utilizadas são de 25 e 50 mm, conforme características da obra e do clima local;
- espuma de poliestireno expandida: pelo processo de expansão e aglutinação de pérolas pré-expandidas de espuma de poliestireno são obtidos blocos de espuma com densidade de 12 a 24 kg/m^3 e, posteriormente, cortadas placas na espessura desejada. Pela sua maciez, a espuma de poliestireno expandida é muito compatível com a impermeabilização, funcionando bem como camada amortecedora. Sua eficiência como isolamento térmica é limitada a médio e longo prazo devido à absorção de água que se observa na prática, chegando a valores entre 20 e 40 % em volume após 2 anos, quando utilizada acima da impermeabilização e coberta por uma camada de argamassa. Esta argamassa dificulta a livre evaporação da umidade infiltrada. A densidade inicial da espuma de 12 kg/m^3 , por exemplo, pode elevar-se em 20 a 40 kg/m^3 com o valor isolante reduzindo-se em 1/3 a 1/5 do valor inicial;
- espuma de polietileno extrudada: pelo processo de extrusão são obtidas células fechadas e o polímero polietileno é responsável pela flexibilidade e maciez da espuma. A utilização de uma manta de 2 mm de espessura garante uma boa separação entre a impermeabilização e uma argamassa por tratar-se de um material imputrescível, dispensando a execução de uma argamassa fraca. Mantas de 5mm de espessura de espuma de polietileno extrudada, com densidade de 35 kg/m^3 , permitem uma eficiente proteção mecânica da impermeabilização e evitam a transmissão de ruídos de equipamentos fixados ou apoiados no piso final;

Filmes plásticos, papel e feltros asfálticos são materiais utilizados para separar uma argamassa de traço fraco ou forte da impermeabilização, afim de evitar a transmissão de movimentação de uma camada rígida até a impermeabilização. Os filmes plásticos são imputrescíveis, mas têm muito pouca espessura exigindo, portanto, uma superfície totalmente lisa para a execução da impermeabilização. O papel betumado duplo de 250 g/m^2 regulariza melhor pequenas saliências, mas pode apodrecer com o tempo. Feltros de cartões asfálticos têm um bom desempenho como camadas separadoras;

O filme de alumínio é utilizado para revestir algumas mantas asfálticas na sua face exposta. Com isso consegue-se uma maior reflexão do raio solar e, conseqüentemente, uma menor

elevação de temperatura superficial de uma impermeabilização exposta. Uma superfície preta chega a 80° C. Uma superfície de alumínio nova e brilhante exposta eleva sua temperatura, nas mesmas condições, para 45° C e um alumínio envelhecido ficará em volta de 55° C. A resistência contra impacto não é sensivelmente melhorada devido à pequena espessura do filme de alumínio. Embora não se tenha uma definição clara da vida útil mínima exigida de uma impermeabilização, em função de seu material e condições de exposição, o mercado tem parâmetros daquilo que se considera razoável, que vai, por exemplo, de até 5 a 10 anos, para impermeabilizações expostas

4.4.7 Execução da proteção mecânica final

A proteção mecânica é exigida em diferentes graus, em função das características dos materiais e do nível de solicitação transitável da cobertura. Além dos esforços advindos do trânsito (puncionamento, rasgamento, etc.), devem ser também consideradas as ações do vento, tais como o efeito de sucção, que pode agir sobre o isolamento térmico ou sobre a impermeabilização. Cunha e Neumann (1979) orientam para que a proteção mecânica final não seja disposta diretamente sobre a impermeabilização, sob pena da mesma sofrer ferimentos.

Os isolamentos constituídos de placas exigem uma proteção contra flutuação. As proteções mecânicas para os sistemas de impermeabilização transitáveis podem ser classificadas, conforme Picchi (1986), em do tipo:

- a) rígida;
- b) material solto;
- c) sombreamento

A proteção mecânica rígida constitui-se em piso final, sendo utilizada em áreas acessíveis. Dependendo da solicitação, pode ser constituída de argamassa, concreto armado ou pisos nobres do tipo cerâmico ou de pedras naturais. Conforme Cunha e Neumann (1979), como a impermeabilização não pode ficar exposta ao sol, às intempéries e ao mau trato, o piso

necessita de acabamento. Na categoria das coberturas transitáveis incluem-se todos os pisos cimentados e nobres, os quais necessitam ser executados com juntas de dilatação pelo fato de serem pisos rígidos.

Os pisos cimentados (figura 40) são tradicionalmente feitos em forma de placas de 0,60 m x 0,60 m, com juntas de 1,0 cm entre elas, preenchidas com mastique de asfalto e areia, sendo a espessura mínima das placas de 2,5 cm.



Figura 40: fissura em piso cimentado proveniente da falta de mastique entre as juntas.

É comum a prática errônea de fazer-se pisos nobres em grandes panos, sem juntas, como mostra a figura 41. Como conseqüência o piso tende a levantar e as muretas da platibanda são empurradas para fora, ocasionando danos no revestimento da fachada.

As cerâmicas são especialmente suscetíveis à dilatação, enquanto algumas pedras comportam-se melhor sob esse aspecto.



Figura 41: manifestação patológica decorrente da falta de previsão de juntas de dilatação.

A proteção mecânica do tipo material solto consiste na colocação sobre a cobertura, de materiais granulares soltos (brita, argila expandida, seixo, etc.). Além de proteção mecânica, trata-se de eficiente proteção térmica, uma vez que são utilizados materiais granulares, os mais claros possíveis, e de granulometria uniforme, de forma a possibilitar o resfriamento pela reflexão dos raios solares e ação do vento entre os grãos.

A proteção mecânica do tipo sombreamento é utilizada em coberturas transitáveis e é constituída de placas apoiadas sobre dispositivos específicos, de forma a obter-se uma camada de ar entre as placas e a cobertura. Da mesma forma que a anterior, trata-se também de uma proteção térmica, pois impede a elevação de temperatura na cobertura devido à radiação, pelo sombreamento que produz. Um pequeno espaço entre as placas permite a movimentação de ar quente, contribuindo para o resfriamento da cobertura. Por estes espaços passam também as águas pluviais que correm sob as placas.

4.5 DURABILIDADE DA IMPERMEABILIZAÇÃO

O termo durabilidade está relacionado, e é por vezes até confundido, com o termo “vida útil”, sendo encontradas diversas definições. As utilizadas pelo IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, de acordo com Picchi (1986) são:

- a) durabilidade: capacidade de um produto manter suas propriedades ao longo do tempo em condições normais de uso;
- b) vida útil: é o período durante o qual as propriedades de um produto permanecem acima dos limites mínimos admissíveis, quando submetido aos serviços normais de manutenção.

Na maioria dos casos, a falha deve-se a problemas de projeto e/ou execução, e não à deterioração dos materiais. Desta forma, ao se estudar a durabilidade das impermeabilizações, é interessante distinguir-se dois aspectos:

- a) durabilidade dos materiais: este aspecto envolve o estudo da variação das propriedades dos materiais ao longo do tempo, em função da ação de diversos agentes de deterioração. A durabilidade dos materiais pode ser avaliada através

de métodos de ensaio apropriados, tendo-se por objetivo a seleção daqueles que potencialmente apresentem desempenho satisfatório durante a vida útil mínima exigida e esperada;

- b) falhas de impermeabilização: este aspecto envolve o estudo das diversas formas de manifestações das falhas, suas causas e possíveis formas de evitá-las e recuperá-las.

No que se refere à durabilidade das impermeabilizações, Roller (1988) observa que na grande maioria das especificações das impermeabilizações encontra-se uma camada de proteção que, caso a caso, permite uma adequação entre características da camada impermeável, o intemperismo e as condições de utilização prevista da cobertura.

4.6 FALHAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

A avaliação das falhas de impermeabilização, conforme Picchi (1986), foi amplamente pesquisada na Europa a partir da primeira metade da década de 70, com a realização de extensos levantamentos de problemas encontrados em edificações. Observa que este tipo de pesquisa, tradicional na Europa, a partir desse período ganha em extensão e sistematização, a ponto de na segunda metade da década de 70 constituir-se praticamente em um campo de estudo específico da construção, através dos trabalhos de diversos países, onde destacam-se os franceses, alemães, ingleses e, principalmente, belgas, através do CSTC - Centre Scientifique et Technique de la Construction.

Este campo tem sido denominado internacionalmente patologia das edificações, emprestando-se o termo da medicina, onde este significa o estudo das doenças e das modificações que causam no organismo. Os estudos de patologia vão além do aspecto estatístico: os diversos casos encontrados são apresentados de forma agrupada, através de descrições, esquemas e fotos: são identificadas as causas que levaram a essa falha, e na maioria dos documentos são discutidas formas de como se evitar e sanar os defeitos, uma vez surgidos. Um estudo amplo das impermeabilizações já executadas, levantando as falhas mais freqüentes e identificando suas causas, além de trazer importantes informações que complementariam os estudos de durabilidade dos materiais, traria valiosos subsídios ao aperfeiçoamento das técnicas de projeto e execução de impermeabilização.

4.6.1 Causas das falhas de impermeabilização

Dentre as causas de falhas das impermeabilizações pode-se identificar, principalmente:

- a) perfuração de mantas asfálticas pela ação de sapatos inadequados, rodas de carrinhos de mão, materiais pontiagudos, etc. (figura 42), observando-se que a execução da impermeabilização requer cuidados especiais quanto ao puncionamento e ao atrito;
- b) danos causados na obra pela excessiva colocação de peso (entulho e equipamentos) sobre a impermeabilização, conforme registra a figura 43, quando sobre esta existe apenas uma proteção provisória;
- c) perfuração da impermeabilização sem qualquer reparo, quando da execução de deques, piscinas, antenas, varais, etc. (figura 44);
- d) danos causados à impermeabilização quando da troca de pisos (figura 45);
- e) falha de mão de obra no processo de aplicação da manta asfáltica (figura 46);
- f) queda de objetos sobre a área impermeabilizada (figura 47);
- g) casos fortuitos ou induzidos;
- g) h) materiais, insumos e produtos não adequados nas interfaces com outros componentes da obra.



Figura 42: materiais pontiagudos podem causar danos à impermeabilização.



Figura 43: excessiva colocação de entulho e equipamentos sobre a impermeabilização.



Figura 44: execução de peças emergentes agredindo impermeabilização existente.



Figura 45: são comuns os ferimentos na impermeabilização quando da troca de piso.

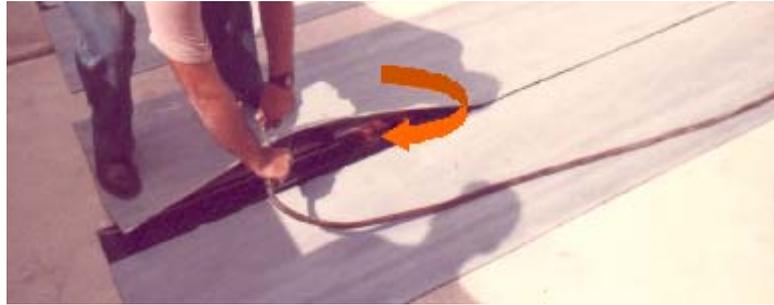


Figura 46: solda com maçarico a gás pode agredir a manta asfáltica.



Figura 47: queda de objetos pode causar manifestação patológica.

Porcello (1997) comenta que uma das maiores causas dos insucessos da impermeabilização são as paredes construídas com tijolos furados. É muito comum encontrarmos diretamente sobre uma laje de concreto, na sua periferia ou nas paredes onde será arrematada a impermeabilização, uma alvenaria executada com tijolos furados. O tijolo é um péssimo material para os arremates da impermeabilização, pois não oferece resistência mecânica à ancoragem da mesma. As impermeabilizações, principalmente as que são à base de asfalto, costumam destacar-se dos referidos tijolos, podendo até mesmo arrebatá-los. Temos então, que todas as águas pluviais que incidem sobre aquela parede, irão introduzir-se através dos vasos comunicantes da referida parede, trazendo conseqüências danosas, não só à impermeabilização como, também, à obra.

Um prédio com infiltrações deve ser encarado como um paciente que apresenta sintomas de uma doença não identificada e, portanto, faz-se necessária a execução de uma bateria de testes, isenta de chuva, para a partir dela dar o diagnóstico e providenciar na correção adequada, observando-se que nem sempre os vazamentos apresentados em coberturas ou terraços são oriundos de problemas de impermeabilização.

De acordo com Zubelli (s.d.), dados estatísticos comprovam que o insucesso da impermeabilização apresentam os seguintes índices:

- a) falta de qualidade da mão de obra: 23 %;
- b) falta de dimensionamento de durabilidade de materiais: 14 %;
- c) danos causados por terceiros durante a execução da obra: 23%;
- d) ausência de controle de qualidade pelo fabricante: 2%;
- e) ausência de previsão específica em projeto: 18 %;
- f) danos causados pelos usuários (figura 48): 16 %;
- g) outros: 4%.



Figura 48: manifestação patológica por desleixo do usuário.

4.6.2 Cuidados para evitar falhas de impermeabilização

Para que falhas de impermeabilização sejam evitadas Ussan (1995) identifica alguns itens relativos à preparação da obra.

Os pontos que merecem atenção especial são:

a) regularização,

- toda a superfície a ser impermeabilizada deve apresentar-se plana, sem saliências e reentrâncias (figura 49), pois os materiais que compõem o sistema de impermeabilização com mantas são sensíveis e apresentam pouca resistência a esforços de corte ou puncionamento;



Figura 49: camada de regularização não deve possuir saliências e reentrâncias.

- a regularização deve ser feita com material que ofereça resistência ao peso e a esforços de arrancamento, possuindo porosidade que permita uma perfeita ancoragem do material ao substrato. Recomenda a regularização feita com argamassa de cimento e areia média, num traço forte;

b) superfície de deslizamento,

- esta camada, também chamada de camada de separação, deve ser colocada imediatamente acima da impermeabilização em áreas expostas à movimentação térmica, com a finalidade de evitar que, devido às variações de temperatura, a proteção mecânica executada com argamassa de cimento e areia deslize sobre a impermeabilização, evitando o surgimento de esforços cortantes (figura 50);



Figura 50: execução de camada separadora evita danos à impermeabilização.

c) proteção mecânica,

- para ser permitido o trânsito de operários sobre a impermeabilização, faz-se necessária a execução de uma camada de proteção, via de regra, argamassa de cimento e areia (figura 51).



Figura 51: execução da proteção mecânica possibilita o trânsito do pessoal de obra.

d) cantos,

- quando da preparação de uma área a ser impermeabilizada é comum surgirem dúvidas sobre a forma dos cantos, se devem ser vivos ou boleados. No caso do sistema de mantas a recomendação é sugerida pelo fabricante;

e) rodapé,

- toda a impermeabilização executada, independente do local, deve subir nos paramentos verticais que circundam a área impermeabilizada, formando o rodapé;
- em áreas expostas é recomendável que a altura do rodapé alcance um mínimo de 20 cm acima do piso pronto (figura 52).



Figura 52: altura do rodapé deve estar no mínimo a 20 cm do piso.

- para prevenir o surgimento de fissura deve-se, desde a fase de projeto, prever uma espessura de reboco sobre a impermeabilização do rodapé de, no mínimo 2,5 cm, e sempre que tal exigência não for possível, prever que este reboco seja armado com tela galvanizada, fixada no paramento vertical com 10 cm acima do acabamento da impermeabilização;

f) soleira de porta,

- para evitar riscos, em uma soleira de porta (figura 53) que dá acesso a uma área externa impermeabilizada, a diferença de nível entre o piso acabado e a impermeabilização interna deve ser no mínimo de 6 cm;
- nas portas de áreas descobertas impermeabilizadas, a soleira merece uma atenção especial em todas as fases da impermeabilização, desde o projeto, passando pela preparação, execução e acabamento.



Figura 53: as soleiras devem possuir desnível mínimo de 6 cm do piso pronto.

4.6.3 Manifestações patológicas

Os levantamentos de manifestações patológicas das edificações são documentos práticos, ricos em recomendações de como projetar, executar ou sanar problemas quando surgidos, constituindo-se em importante elemento para a realimentação das informações de tecnologia de construção.

Segundo Picchi (1986), valiosos dados sobre o desempenho dos materiais são também obtidos, servindo para melhoria de materiais existentes ou desenvolvimento de novos. Embora não de forma sistematizada, como os levantamentos europeus, estudos sobre as principais formas de manifestações e causas de falhas de determinados componentes, inclusive impermeabilizações, têm sido feitos no Brasil, baseados geralmente na experiência acumulada de profissionais que atuam há vários anos no setor. O IPT tem realizado estudos referentes as manifestações patológicas das edificações, como um todo, ou de partes das edificações.

A Associação Brasileira das Empresas de Impermeabilização (ABRAI) tem difundido a necessidade, de cada vez mais, aprimorar as técnicas de aplicação dos materiais de impermeabilização com o objetivo de evitar manifestações patológicas.

Trauzzola (1991) observa que as principais manifestações patológicas que dizem respeito à impermeabilização subdividem-se em dois grupos, originárias:

- a) de infiltração d'água, provocadas por falha ou inexistência de impermeabilização;
- b) do processo construtivo que podem provocar o rompimento ou degradação da impermeabilização (figura 54).



Figura 54: danos à impermeabilização durante execução da obra

Jacobucci (1993) sustenta que, dentro deste princípio, alguns dos problemas que podem ser controlados são: a falta de detalhes construtivos; os cortes na impermeabilização acabada; o desleixo das construtoras no que se refere à deposição de materiais sobre a impermeabilização; a queda accidental de materiais; a permissão, por parte das construtoras, do trânsito de carrinhos e pessoas sobre a impermeabilização.

Encontram-se, também, nos Simpósios Brasileiros de Impermeabilização diversos trabalhos elaborados pelos fabricantes e aplicadores sobre as principais causas de insucessos nas impermeabilizações, destacando-se as apresentadas a seguir.

Num terraço, um dos problemas de infiltração ocorre em decorrência do envelhecimento precoce da manta de impermeabilização (figura 55), por decorrência da acentuada variação de temperatura, ocasionando a perda de voláteis do asfalto e o craqueio do mesmo.



Figura 55: envelhecimento precoce da manta.

Numa floreira, onde a manta utilizada não é a indicada e em que se necessita de uma impermeabilização que funcione ao longo do tempo, podem ocorrer problemas no tocante à infiltrações, pois as raízes mais profundas, muitas vezes não adequadas ao porte da floreira, acabam por danificar a manta, ocasionando infiltrações e formação de mofo.

Outro detalhe, também identificado em floreiras, diz respeito a manta disposta na sua parte interna, junto à parede de compartimentos da edificação. Seu acabamento deverá estar sempre acima do nível equivalente à borda externa, diferentemente do executado na figura 56, a seguir apresentada, pois quando a terra entrar em contato com a parede a umidade migrará por capilaridade, acarretando no descolamento da película de tinta no ambiente interno.

Deve-se considerar, também, o fato de que com o tempo a terra irá se compactar, ocasionando o entupimento do ralo de fundo e provocando um alagamento de toda a floreira, causando o seu transbordamento. Isto fará com que a água passe por detrás da manta, resultando em umidade na parte interna do compartimento contíguo.

Para que tal situação seja evitada deverá ser projetado um tubo perfurado, do tipo dreno, até a altura superior da terra, possibilitando a inspeção do ralo e permitindo sua limpeza.



Figura 56: floreiras requerem cuidados com a altura do rodapé

Muitas vezes, quando da execução da impermeabilização, a prumada do reboco já foi executada. Acontece, então, que quando a mesma subir no rodapé restará uma espessura de reboco inferior a 2,5 cm. Isto acarreta o aparecimento de fissuras, que ao se movimentarem deslocam a impermeabilização da parede (figura 57), por onde ocorrerá a infiltração de água.



Figura 57: manifestação patológica por deslocamento da impermeabilização.

Porcello (1997) aconselha sempre o uso de espessura maior do que 2,5 cm e a colocação de tela galvanizada, como esclarece, na seqüência, a figura 58, disposta 10 cm acima do término

da manta de impermeabilização, tendo por finalidade estruturar o reboco aplicado sobre a faixa impermeabilizada, evitando o aparecimento das fissuras no acabamento.

A tubulação pluvial, quando embutida em enchimentos na laje (figura 59), pode causar danos na edificação. Atualmente, no mercado, existem diversas marcas de tubulações, conexões e peças. O uso de materiais incompatíveis, de diferentes marcas, acarreta soluções inadequadas. Quando não houver o correto procedimento na utilização de solução limpadora e lixa, situações de vazamentos ocorrerão num curto espaço de tempo.



Figura 58: execução de tela de estuque em rodapé

O vazamento de tubulações embutidas irá manifestar-se na laje, encharcando-a, comprometendo a impermeabilização, pois estes consertos exigem a remoção de piso, da proteção mecânica, do isolamento térmico, da camada de separação, da impermeabilização, da massa de regularização e do enchimento, até a localização da tubulação. Para que sejam evitados tais problemas, antes da entrega dos serviços de impermeabilização, a canalização pluvial deverá ser testada em seção plena, fechando-se a extremidade da tubulação e preenchendo-a completamente com água.



Figura 59: manifestação patológica por tubulação embutida em enchimento na laje.

Por movimentação térmica e/ou estrutural surgem as fissuras nas platibandas, conforme explicita a figura 60, a seguir apresentada, originando as infiltrações que acontecem pelas chuvas tocadas a vento e que atingem o lado interno da impermeabilização, ocasionando o aparecimento de umidade na laje.



Figura 60: manifestação patológica por movimentação térmica e/ou estrutural.

Em paramentos verticais ocorre a penetração de umidade por intermédio de caixas elétricas e/ou através de pontos de luz, quando houve falhas de execução em relação à colocação do eletroduto (figura 61a), em cujos percursos horizontais ou verticais a umidade poderá percorrer, acarretando pingos de água em pontos de luz da laje (figura 61b), distantes do local onde está acontecendo a infiltração.



(a) ponto de luz em platibanda.

(b) ponto de luz sob laje.

Figura 61: manifestações patológicas advindas da platibanda, via ponto de luz.

Outro detalhe a ser observado é a infiltração por cima da platibanda, quando esta não recebe capeamento. Nos caso em que a platibanda for executada com placas de pedra ou de granilito, de tempos em tempos, as juntas deverão receber mastique à base de silicone, para que seja evitada a infiltração (figura 62).



Figura 62: manifestação patológica por falta de aplicação de material vedante.

As platibandas devem ser executadas em concreto ou alvenaria de tijolos maciços, os quais deverão estar rigidamente ancorados e engastados às estruturas, prevendo-se os detalhes necessários para a impermeabilização. A utilização de tijolos furados e de blocos de concreto (figura 63), segundo a NBR 9575/98, não é aconselhável.



Figura 63: platibanda com bloco de concreto/tijolo furado, passível de manifestação patológica.

Em soleiras¹⁵ de porta (figura 64), onde não ocorre o desnível necessário, um mínimo de 6 cm entre o piso externo e o nível interno da impermeabilização, pode ocorrer passagem de infiltração por capilaridade.



Figura 64: surgimento de manifestação patológica devido a falta de desnível.

Nos pisos de acabamento (figura 65), onde não houver a preocupação com a execução de juntas de trabalho poderão ocorrer ferimentos na impermeabilização.



Figura 65: Movimentação do piso de acabamento ocasionando manifestação patológica.

As juntas de dilatação na estruturas devem ser bem identificadas para que os serviços de impermeabilização possam ser bem executados. Por tratar-se de um local vulnerável devem ser tratadas com cautela. Quando, por erro de execução, o operário preenche a junta com argamassa, deixando-a escondida, a equipe da impermeabilização não lhe dá o tratamento adequado, resultando em patologia. Uma junta deve ser sempre preparada com tratamento

¹⁵ Soleira: peça de madeira ou pedra que forma a parte inferior do vão da porta ao nível do piso (FERREIRA, 1999).

independente, ou seja, uma tira de manta aderida deverá adentrar o colo da junta (figura 66); uma segunda tira, também aderida, sobrepor-se-á à primeira tira; por último será sobreposta a manta de acabamento.



Figura 66: passo na execução de junta de dilatação.

Num terraço, após a impermeabilização ser executada e testada, podem ocorrer acidentes e agressões, causados muitas vezes por queda de objetos e materiais, ou até mesmo por descuido do pessoal de obra, como por exemplo, a colocação de andaimes sobre a mesma, conforme registrado na figura 67, abaixo apresentada.



Figura 67: manifestação patológica por descuido do pessoal da obra.

Em algumas oportunidades estes problemas não são detectados, sendo dada continuidade aos serviços de impermeabilização com a execução da proteção mecânica e colocação do piso definitivo. A proteção mecânica, por tratar-se de uma argamassa pobre em cimento, permite somente o trânsito específico dos colocadores de piso. Mediante este fato, faz-se importante evitar a execução de obras sem o controle da empresa responsável pela aplicação da impermeabilização. Após a entrega dos serviços de impermeabilização, é fato comum

acontecerem situações em que são colocados sobre o piso equipamentos que não consideram os serviços de impermeabilização (figura 68). Outros casos são os das piscinas, das alvenarias de suporte para as mesmas, dos deques (figura 69), das floreiras, dos elementos de fixação, bem como a vedação de áreas após o *habite-se*¹⁶, entre outros, fazendo com que estas sobrecargas exerçam um efeito cortante na impermeabilização.



Figura 68: obra em cobertura, posterior à impermeabilização.



Figura 69: deque de piscina ocasionando manifestação patológica.

No que se refere à manutenção e conservação das coberturas, a NBE QB-90 (Norma Básica de la Edificación, 2000) registra, em primeiro lugar, a necessidade de visitas periódicas de inspeção e manutenção da cobertura ao menos uma vez ao ano, realizando as seguintes operações:

¹⁶ *Habite-se*: documento fornecido pelo poder municipal, em que se autoriza a ocupação e uso do edifício recém-concluído ou reformado (FERREIRA, 1999).

- a) eliminação de qualquer tipo de vegetação e de materiais acumulados pelo vento;
- b) retirada periódica de sedimentos que podem se formar na cobertura por retenções ocasionais de água;
- c) conservação em bom estado dos elementos de alvenaria relacionados com o sistema de estanqueidade;
- d) manutenção da proteção da cobertura nas condições originais.

Caso o sistema de estanqueidade resultar danificado como consequência de circunstâncias imprevistas e se produzirem infiltrações, deve-se reparar, imediatamente, os defeitos produzidos.

Por último, observa que o pessoal de inspeção, de conservação ou de reparação deve trabalhar com calçado de sola macia e que a reparação da impermeabilização deverá ser executada por pessoal especializado.

Conclui-se que, diante de um problema patológico, o primeiro passo é o diagnóstico. Deve-se fazer uma avaliação visual para certificar-se de que o problema é realmente de impermeabilização, pois podem ocorrer que outras causas ocasionem manifestações similares. Identificado o problema, constatando-se que o mesmo é originário de infiltrações ocasionadas pela impermeabilização, deverá ser distinguido se o problema é localizado ou generalizado.

Para dar início à identificação o estudo começa pela retirada das camadas que se sobrepõem à impermeabilização num trecho em que poderá ser encontrada uma das seguintes situações:

- a) total inexistência da impermeabilização;
- b) impermeabilização com produto de desempenho inadequado com a solicitação exigida pela base;
- c) impermeabilização com vida útil esgotada.

Caso nenhuma das situações forem identificadas, é recomendado o estudo dos pontos críticos, individualmente, com realização de testes localizados. Comumente, os pontos críticos são: ralos, soleiras, platibandas, tubulações e elementos de fixação.

5 ENSAIO

O ensaio desta dissertação de mestrado concentra-se em demonstrar que a ocorrência de determinadas patologias em coberturas planas, impermeabilizadas com mantas asfálticas no sistema não aderido, são resultantes das faltas de conhecimento e de aplicação da NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998), que fixa as condições e diretrizes exigíveis para a concepção da impermeabilização e critérios para a sua elaboração.

5.1 COLETA DE DADOS

Com o objetivo de cadastrar os cursos superiores brasileiros que ministravam a Disciplina de Impermeabilização, mantivemos contato, via *e-mail*, com o Ministério de Educação e Cultura. O retorno da solicitação do cadastro das Instituições de Ensino Superior municipais, estaduais, federais e particulares vinculadas ao MEC que ofereciam cursos de Engenharia Civil e Arquitetura em todo o país, registrou um número de duzentos e oitenta instituições (Anexo A - Instrumentos de Pesquisa).

De posse da relação das IES foi promovida pesquisa no sentido de poder identificar quais cursos ministram a Disciplina de Impermeabilização em tais instituições (Anexo A - Instrumentos de Pesquisa). As respostas de 272 delas davam conta que *os cursos não possuem, especificamente, a Disciplina de Impermeabilização, porém, o assunto Impermeabilização é estudado nas cadeiras de Materiais e Técnicas de Construção*. Três faculdades, no entanto, notificaram que a disciplina “Impermeabilização” faz parte de seus currículos: Faculdade de Engenharia e Arquitetura - FUMEC, Belo Horizonte (MG), Universidade Federal de Juiz de Fora - U.F.J.F., Juiz de Fora (MG) e Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, São Leopoldo (RS), conforme mostra a figura 77.

Corroborando com a pesquisa, o artigo “*Impermeabilização faz parte do currículo em três universidades brasileiras*” apresentado pela Revista Impermeabilizar (1995), confirma aqueles dados, conforme segue:

- a) a FUMEC registra que a disciplina “Impermeabilização” é oferecida somente no curso de Engenharia, de forma optativa. Nas aulas, são passados os

fundamentos teóricos e práticos, não sendo utilizado laboratório. Conforme Firmino Siqueira Filho, engenheiro civil e responsável pela disciplina, no curso são seguidas as coletâneas da ABNT, além da recomendação da bibliografia do IBI;

- b) a U.F.J.F. oferece no seu curso de Engenharia a matéria “Impermeabilização e Isolamento Térmico”, também de forma eletiva. O curso é dividido em aulas práticas e teóricas, desenvolvidas em laboratório e em visitas à execução de serviços de impermeabilização e isolamento térmico de obras. Os conceitos abordados pela disciplina são: umidade nas edificações; materiais e sistemas utilizados em impermeabilização; procedimentos para preparação de áreas, procedimentos para execução de serviços de impermeabilização e isolamento térmico; falhas em impermeabilização - causa e conseqüências;
- c) na UNISINOS, a disciplina 71092 - “Impermeabilização e Isotermia”, ministrada na condição opcional aos alunos do 7º semestre, faz parte dos cursos de Engenharia e Arquitetura. De acordo com o Sérgio Luís de Macedo Ussan, engenheiro civil, que há mais de 20 anos ministra a referida disciplina naquela instituição, “o número de alunos inscritos na mesma, bem como a freqüência alcançada, demonstram o grande interesse dos estudantes em aprender o assunto “Impermeabilização”. A matéria de ensino é teórica, sendo a parte prática orientada através de visitas a canteiros de obras, visto o interesse dos alunos estar voltado para uma abordagem de projetos, especificações e aplicações.”

Autor do livro “Introdução à Impermeabilização”, Ussan acredita que “a implantação de uma disciplina voltada à impermeabilização nas faculdades, melhoraria a aplicação, fiscalização e contratação dos serviços de impermeabilização nas obras, e também ajudaria o setor a ser encarado com mais seriedade pelos construtores.”

Em entrevista, via questionário, enaltece que:

...a Disciplina de Impermeabilização trata de focar conhecimentos sobre o projeto, desde planta de caimentos até detalhes de todas as áreas impermeabilizadas, passando pela preparação destas áreas, sistemas e produtos de impermeabilização, isolamento térmico de coberturas impermeabilizadas e memorial descritivo que

acompanha o projeto gráfico, e que a abordagem do Projeto de Impermeabilização visa identificar o interesse dos alunos de cada turma ou mesmo de cada grupo, tendo em vista o melhor aproveitamento da disciplina.

No que tange à metodologia de ensino, a turma de alunos é dividida em grupos para executar determinado projeto, sendo a parte teórica avaliada individualmente. O uso de transparências como apoio, principalmente nos detalhes de impermeabilização, é constante. A receptividade do corpo discente é maior quando se apresentam casos reais, com ênfase para patologias e sua posterior solução. A atenção extra-sala, para o projeto, é maior que a atenção na sala de aula para a parte teórica. Ao final do semestre a avaliação feita individualmente pelos alunos coloca a disciplina no nível entre bom e ótimo.

Quanto ao ensino da disciplina de Projeto de Impermeabilização nas universidades brasileiras, afirma que:

...se torna cada vez mais relevante quanto mais as empresas ligadas à construção avançam nos programas de qualidade, procurando diminuir custos de seu produto final, melhorando qualitativamente e evitando desperdícios, resultados improváveis sem um projeto correto de impermeabilização.

No que se refere à atenção dada ao tema pelas IES, Ussan observa que:

...a repercussão deste ensino específico no cenário da construção civil ainda é pequena devido ao fato das universidades brasileiras não darem a devida importância ao tema, sendo o mesmo abordado, eventualmente, em algumas disciplinas, de forma superficial.

Concluindo, sustenta que:

...quando uma obra possui Projeto de Impermeabilização, a experiência comprova: os profissionais envolvidos passam a exigí-lo em obras posteriores. O mesmo ocorre àqueles que, por falta de projeto, venham a ter problemas de infiltração após a obra concluída.

5.2 AVALIAÇÃO DE EMPRESAS

Com o objetivo de avaliar o grau de conhecimento e de cumprimento das orientações ditadas pela NBR 9575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998), foi formulado questionário (Anexo A - Instrumentos de Pesquisa) para 8 empresas prestadoras de serviço cadastradas na Associação Sul Brasileira de Impermeabilização - ASBI, atuantes na área de impermeabilização e 21 empresas da construção civil da Região da Grande Porto Alegre cadastradas no Sindicato da Indústria da Construção Civil - Sinduscon (12 de pequeno porte, 6 de médio porte e 3 de grande porte), obtendo-se como resposta o resultado registrado na seqüência:

Há o conhecimento da existência de Norma que fixa as condições e diretrizes exigíveis para a concepção da impermeabilização e critérios para a elaboração de Projetos de Impermeabilização?

A figura 70 reflete o resultado do questionário e demonstra que 100% das empresas prestadoras de serviço têm conhecimento da Norma que trata do “Projeto de Impermeabilização”:



Figura 70: conhecimento da NBR 9575/98 – Empresas Prestadoras de Serviço.

A figura 71, a seguir, indica que 41% das empresas construtoras têm conhecimento da Norma e que 59% a desconhecem.

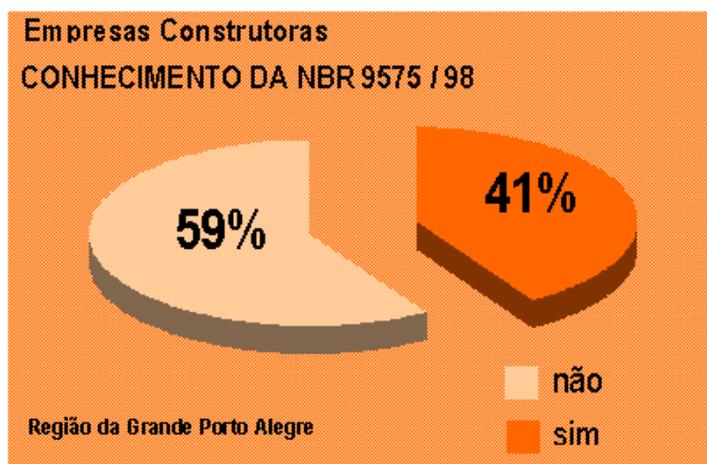


Figura 71: conhecimento da NBR 9575/98 – Empresas Construtoras

A figura 72 assinala que 50% das empresas prestadoras de serviço não contrata Projeto de Impermeabilização e que 50% o executa através de engenheiros da empresa.

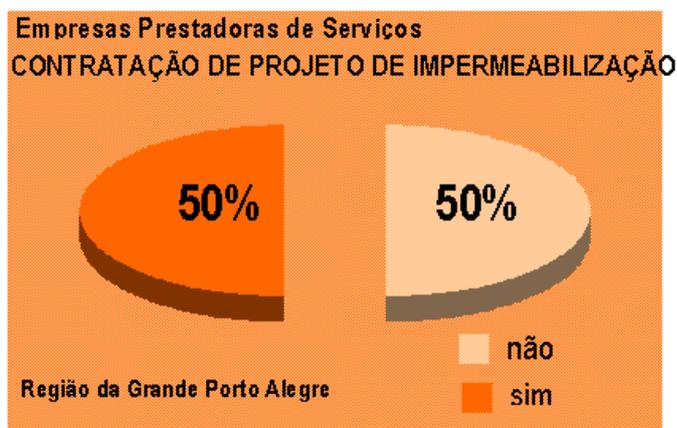


Figura 72: contratação de Projeto de Impermeabilização – Empresas Prestadoras de Serviços.

A figura 73 representa que 99% das empresas da construção civil não contrata Projeto de Impermeabilização e que 1% das empresas o faz através de profissionais especialistas.

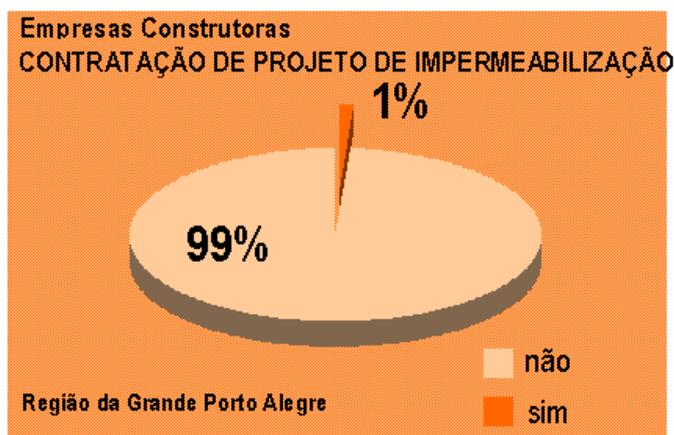


Figura 73: contratação de Projeto de Impermeabilização – Empresas Construtoras

Dentre as razões pelas quais as empresas prestadoras de serviço e empresas construtoras não executam Projeto de Impermeabilização, foram registradas as que seguem:

- a) desconhecimento da existência de projetistas atuantes neste ramo;
- b) empresa prestadora de serviços contratada é responsável pela execução e especificação de todos os serviços;
- c) não há necessidade de projeto específico;
- d) não existe o hábito da realização deste tipo de projeto;
- e) desconhecimento da Norma;
- f) projeto é executado a partir de solicitação do cliente;
- g) projeto é desnecessário.

As respostas dos responsáveis pelas empresas que optam pela execução de Projeto de Impermeabilização identificam as seguintes vantagens:

- a) garantia do conforto do cliente;
- b) forma de evitar falhas oriundas da má execução;

- c) redução de gastos em problemas futuros.

Do total dos questionários respondidos foram identificados somente dois profissionais especialistas que executam Projeto de Impermeabilização na Região da Grande Porto Alegre.

5.3 AVALIAÇÃO DE DISCENTES

Com o objetivo de avaliar grau de conhecimento, no que diz respeito a detalhes construtivos de impermeabilização, foi formulado teste gráfico (Anexo A - Instrumentos de Pesquisa) para os alunos de graduação da Faculdade de Arquitetura da UFRGS que cursam a Disciplina “Técnicas de Edificação” e para os alunos do Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia , área de Construção, desenvolvido no Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE), da mesma Universidade.

O exercício tabula três testes de detalhes construtivos que permitem conferir estanqueidade à uma laje de cobertura plana horizontal que utiliza manta asfáltica no sistema não aderido, cada qual oportunizando cinco alternativas de resposta.

A alternativa correta e/ou aconselhável para cada caso é determinada pela NBR 9575 – “Projeto de Impermeabilização” (1998), que fixa as condições e diretrizes exigíveis para a concepção da impermeabilização e critérios para a elaboração do Projeto de Impermeabilização.

Os resultados obtidos da avaliação de 34 alunos da disciplina “Técnicas de Edificação” do Curso de Graduação da Arquitetura, configuram uma média de 42 % de acertos e de 58 % de erros.

O mesmo teste, formulado a 21 profissionais matriculados no Mestrado Profissionalizante do NORIE registra uma média de acertos de 51 % e 49 % de erros, conforme registra a figura 74.

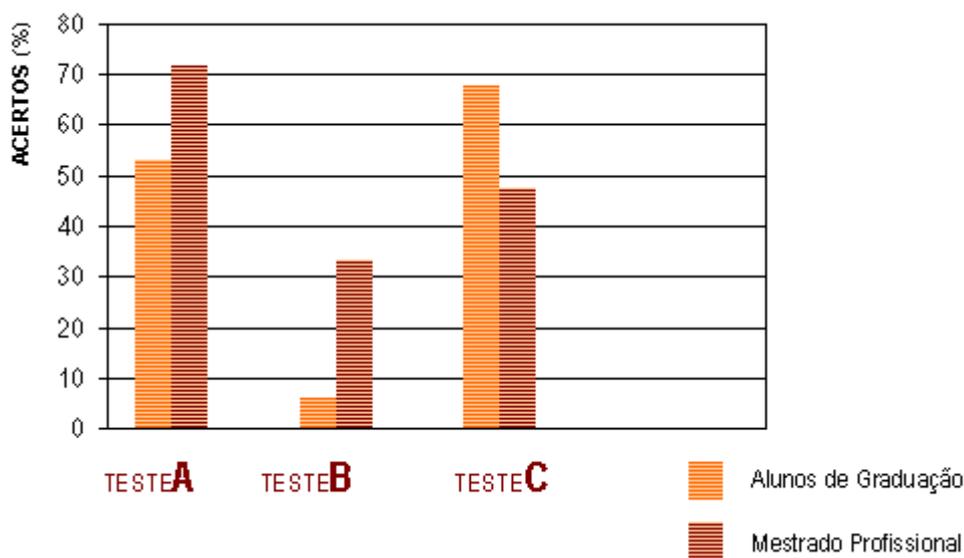


Figura 74: média de acertos nas questões de detalhes construtivos.

5.4 TESTE QUI-QUADRADO

A necessidade de buscar uma resposta estatística aos dados coletados evidenciou-nos a importância de consultar um profissional identificado com esta parte da matemática em que se investigam os processos de obtenção, organização e análise de dados sobre uma população e os métodos de tirar conclusões com base nesses dados.

Foi-nos indicado que quando se formula uma hipótese em relação a uma determinada característica de uma população, há duas alternativas para a amostra dela retirada:

- a) pertence à população de origem, portanto as diferenças observadas são decorrentes de flutuações normais;
- b) não pertence e as diferenças encontradas representam um efeito real, não podendo ser atribuídas ao acaso.

No primeiro caso, diz-se que os valores encontrados "não são estatisticamente significativos" e no segundo "são estatisticamente significativos". Essas expressões são empregadas sempre tendo em vista "níveis de significância" previamente escolhidos. Conforme Werkema (2002), a aplicação do teste qui-quadrado permite um processamento aprofundado de informações

contidas nos dados coletados, de modo que se possa verificar a variabilidade de cada população, bem como os erros cometidos no estabelecimento das conclusões sobre questões avaliadas.

Nas figuras 75, 76 e 77 pode ser visualizado nos Testes A, B e C (cada teste com cinco alternativas de resposta), o número de alunos que assinalou as alternativas e suas proporções, bem como a identificação da resposta correta.

Por exemplo, na figura 83, no teste A, para os alunos da graduação, 10 deles (29,4%) assinalaram a alternativa 1; 2 alunos (5,9%) assinalaram a alternativa 2; 4 alunos (11,8%) assinalaram a alternativa 4; 18 alunos (52,9%) assinalaram a alternativa 5.

Quanto aos alunos do mestrado profissional, 1 (4,8%) assinalou a alternativa 1; 3 alunos (14,3%) assinalaram a alternativa 2; 2 alunos (9,5%) assinalaram a alternativa 3; 15 alunos (71,4%) assinalaram a alternativa 5.

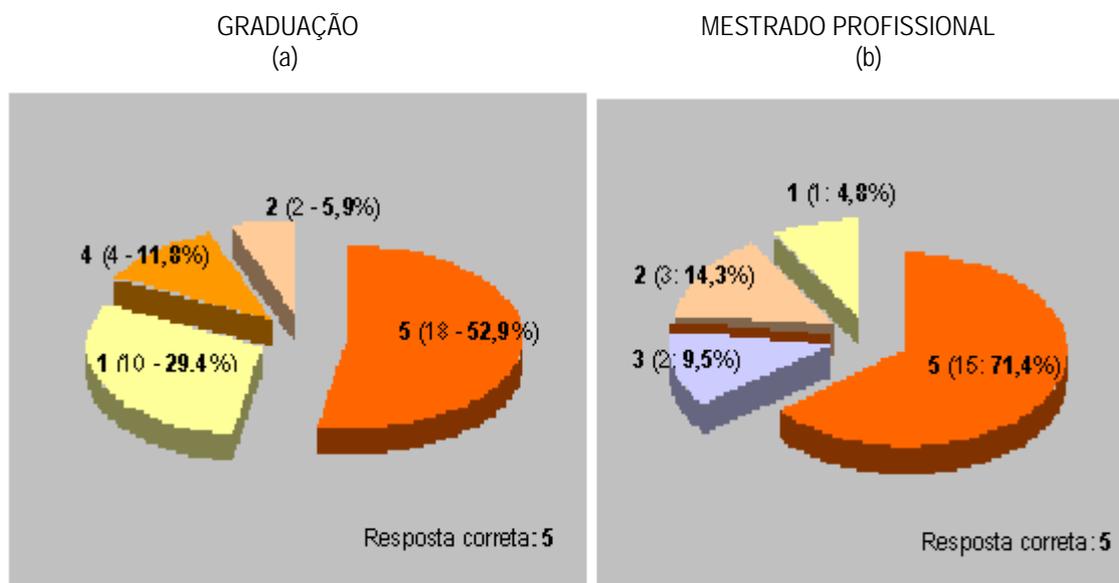


Figura 75: detalhes construtivos - TESTE A.

As figuras 76 e 77, configuram os demais resultados.

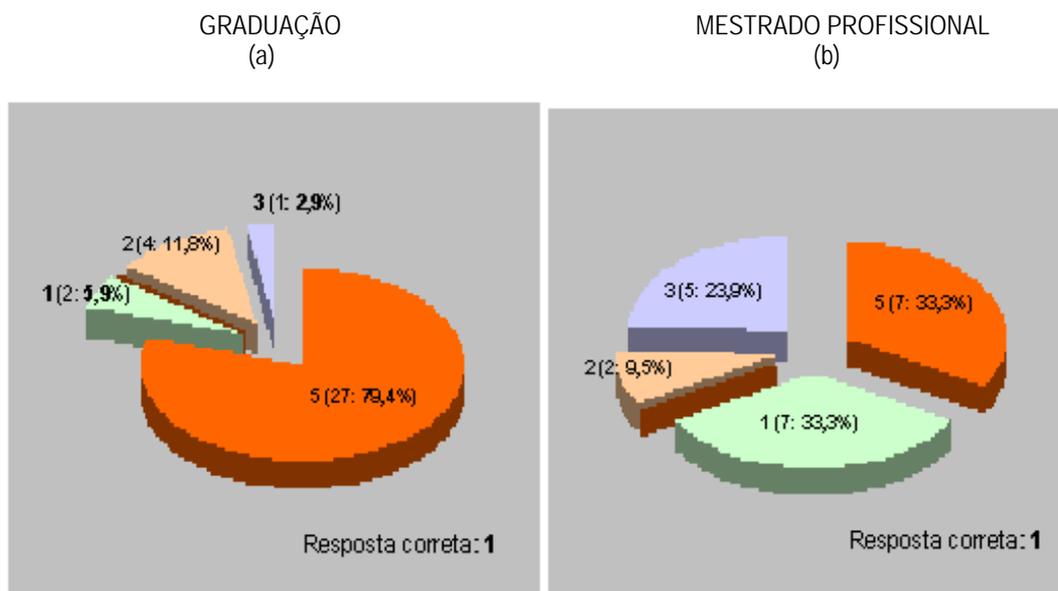


Figura 76: detalhes construtivos - TESTE B.

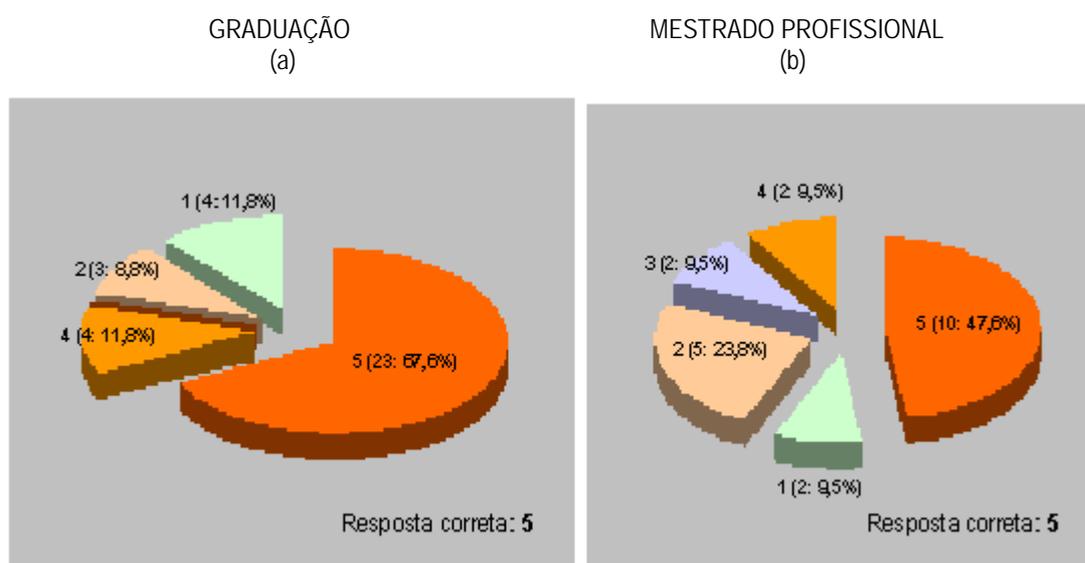


Figura 77: detalhes construtivos - TESTE C.

A aplicação do teste qui-quadrado a estes percentuais permite aferir e contrastar o grau de conhecimento entre as populações de alunos da graduação e do mestrado profissionalizante, sabendo-se que:

- a) testes para proporções são adequados quando os dados sob análise consistem na contagem ou frequência dos itens;

- b) testes podem ser utilizados para avaliar questões sobre: (i) um parâmetro de uma única população; (ii) a igualdade de parâmetros de duas populações; (iii) a igualdade de parâmetros de mais de duas populações (teste qui-quadrado) (Stevenson, 1981).

A finalidade do teste é avaliar se k amostras independentes provém de populações que contém a mesma proporção de determinado item, assim as hipóteses nula e alternativa são:

- a) as proporções populacionais são todas iguais;
- b) as proporções populacionais não são todas iguais.

A comparação é feita com base na distribuição qui-quadrado utilizando o nível de significância adotado, por exemplo, 0,05.

Segundo Stevenson (1981), o teste exige a comparação da estatística do teste, calculada com os dados da amostra (valor qui-quadrado calculado) com o valor obtido na tabela de valores críticos da distribuição qui-quadrado (para o nível de significância adotado). Se a estatística do teste é menor do que o valor tabelado, H_0 é aceita; caso contrário, H_0 é rejeitada.

5.4.1 Conclusões das análises realizadas

No caso deste trabalho, a utilização do teste qui-quadrado objetivou verificar se as amostras de alunos da graduação e do mestrado profissional provém de populações que contém a mesma proporção de alunos que assinalaram as questões corretas, ou seja, deseja-se saber se os alunos da graduação e do mestrado profissional possuem o mesmo perfil.

Assim, as hipóteses nula e alternativa foram formuladas para o teste A, como segue:

- a) H_0 : as proporções populacionais são todas iguais (os alunos da graduação e do mestrado profissional acertaram o teste A na mesma proporção).
- b) H_1 : as proporções populacionais não são todas iguais (os alunos da graduação e do mestrado profissional não acertaram o teste A na mesma proporção).

E da mesma forma, formulam-se as hipóteses para os testes B e C.

Conforme análise realizada com os dados obtidos nos testes A, B, C aplicados na graduação e no mestrado profissional, utilizando o nível de significância 0,05, foram obtidos os resultados que seguem:

- a) teste A: $p=0,022 \rightarrow$ as proporções populacionais não são iguais, logo existe diferença entre as respostas dos alunos da graduação e do mestrado profissional;
- b) teste B: $p=0,001 \rightarrow$ as proporções populacionais não são iguais, logo existe diferença entre as respostas dos alunos da graduação e do mestrado profissional;
- c) teste C: $p=0,183 \rightarrow$ as proporções populacionais são iguais, logo não existe diferença entre as respostas dos alunos da graduação e do mestrado profissional.

Verifica-se, portanto, que nos testes A e B existe diferença significativa entre as respostas dos alunos da graduação e do mestrado profissional, sendo que no teste C ela não existe. De posse dos dados obtidos na avaliação dos percentuais de erros e acertos e da aplicação do teste qui-quadrado é possível identificar, também, que o grau de conhecimento relativo às soluções para detalhes construtivos em impermeabilização é insuficiente, corroborando com a tese de que o despreparo no ensino desta matéria aos discentes de nossa universidade é pertinente.

5.5 PROTÓTIPO

De posse dos dados contidos nos itens 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4, foi possível produzir o *software* "MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM COBERTURAS DE EDIFICAÇÕES DEVIDO À INEXISTÊNCIA DO PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO", um protótipo que tem por objetivo alertar as comunidades discente e docente (áreas de Arquitetura e Engenharia) sobre a necessidade de uma revisão no currículo de seus cursos de graduação, quando não possuírem a disciplina relativa a Projeto de Impermeabilização.

Inicialmente, foi concebido um edifício de habitação coletiva no aplicativo *3D Studio* da Autodesk, sendo que o apartamento de cobertura projetado em dois pavimentos foi elaborado com maiores detalhes, desde o mobiliário até os elementos decorativos.

Utilizando recursos próprios do *software*, para cada compartimento foram estipuladas várias câmaras virtuais, cada qual simulando a visão em um ângulo humano, como se o usuário estivesse percorrendo o imóvel. Ao final, foram geradas imagens de todas estas câmaras, de forma a produzir uma imagem para cada ângulo humano.

5.5.1 Instalação

No Windows, executar SETUP.EXE no diretório raiz do CD-ROM. O *setup* irá criar o ícone "Manifestações.tbk" que contém a ferramenta didática.

5.5.2 Configurações

A configuração mínima do computador para que o CD-ROM tenha um bom desempenho é:

- a) processador 486 DX2;
- b) Windows 3.x ou Windows 95;
- c) 8 Mb de memória RAM;
- d) placa de vídeo SVGA com *driver* para 65K de cores;
- e) *kit* multimídia com leitor de CD-ROM de 4x;
- f) espaço físico livre em *hard disk* de 48 Mbytes.

5.5.3 Instruções de uso do *Software*

Com as imagens geradas, passou-se a utilizar o *software* *Multimídia Toolbook* para montar uma navegação virtual pelo edifício, desde seu acesso até a laje de cobertura. Um algoritmo elaborado especialmente para o protótipo gera a seqüência de imagens, permitindo simular o usuário caminhando pelos compartimentos do imóvel e olhar para todos os ângulos humanos: frente, acima, abaixo, esquerda e direita.

Com o objetivo de possibilitar ao usuário uma maior clareza no manuseio da ferramenta e tornar a navegação didática, ficam demonstradas, na seqüência, as ações que determinam cada passo da execução:

- a) abertura da página inicial;
- b) clicar "continuar";
- c) o usuário recebe solicitação do proprietário de uma cobertura com o objetivo de identificar causas de infiltrações e clica "iniciar";
- d) a navegação virtual tem seu início autorizado:
 - à porta de entrada do edifício, o usuário identifica-se ao proprietário da cobertura e é convidado a subir até o apartamento;
 - ao deparar-se com a porta do mesmo, faz-se necessário correr o *mouse* sobre a porta, de tal forma que surjam três setas indicativas, uma por vez. Acionando a seta com a direção  tem-se acesso ao *hall* do apartamento; o navegador terá então a visão panorâmica da sala de estar. Ao movimentar o *mouse* surgirão novamente três setas. Como primeiro passo para chegar à cobertura deverá dar um clique na seta .
 - na seqüência, utiliza duas vezes a seta  para poder acessar a escada que o levará até a cobertura;
 - ao clicar três vezes a seta , o navegador, já na cobertura, poderá visualizar no teto a mancha que identifica o bolor;

- ao mover o *mouse* na direção do mofo surgirá uma lupa que, ao ser clicada, faz com que surja em audiovisual a pergunta: "e então, descobriu alguma coisa?" São apresentadas duas as alternativas de resposta;
- se o usuário optar por clicar em "ainda não, preciso avaliar melhor a causa do problema", terá a possibilidade de navegar pelo lado externo da cobertura, podendo utilizar quatro alternativas de setas (↑, →, ← e ↓), inclusive acessar a parte superior da laje de cobertura através da escada, onde poderá perceber o tipo de piso, da instalação fixada à estrutura e a proteção dada à platibanda. Voltando à parte interna da cobertura deverá, novamente, correr o *mouse* até o mofo podendo então clicar "já, a causa do problema é...";
- é dada ao navegador nova oportunidade de aferir seus conhecimentos através de uma "realimentação" e da "avaliação do problema". Nesta parte do documento surge a legenda "corte do terraço". Sendo a lupa clicada, surgirá na tela um corte longitudinal do imóvel identificando 50 situações de possíveis manifestações patológicas. Para conhecê-las, basta correr a seta sobre cada número identificador. Em destaque, aparece a localização do MOFO 1 que permite, então, sugerir ao usuário uma alternativa de resposta;
- para sair, basta clicar o ícone situado na parte esquerda superior do desenho (caixa do menu de Controle). Para dar seqüência, faz-se necessário clicar em "continuar";
- uma vez concluída a simulação desta caminhada virtual, foi elaborado outro algoritmo que, aleatoriamente, coloca imagens de possíveis manifestações patológicas. Com isto, o usuário convidado a localizar e a diagnosticar problema, seleciona uma alternativa entre as cinco sugeridas. Caso a solução proposta seja correta, o problema é eliminado. Caso a proposta não seja a adequada, o problema persiste podendo o usuário fazer nova tentativa, buscando outra solução. Faz-se importante ressaltar que as alternativas de resposta estão apresentadas de forma também aleatória, sendo que o conjunto de opções não se repete. Ou seja, de nada adianta o usuário memorizar qual a opção correta, pois na próxima execução de busca das soluções a seqüência será alterada e, conseqüentemente, a opção correta

estará em outra posição. Observe-se que cada resposta virá acompanhada de um parecer que explica as razões dos erros ou do acerto;

- para ter acesso aos outros dois mofos, clicar em "ir para o próximo mofo", repetindo os procedimentos anteriormente adotados;
 - ao concluir o percurso, é apresentada ao usuário uma tabela que identifica quantas tentativas foram utilizadas para dar resposta às questões de cada mofo, bem como o seu percentual de aproveitamento. A média total irá definir o seu grau de conhecimento.
- e) voltando à página inicial, clicando o menu "Patologias", passa-se a ter acesso ao texto da dissertação, desenvolvido de forma parcial através do *software ToolBook*. Ao usuário será permitido tomar conhecimento da terminologia e os assuntos que lhe interessarem com um simples clique do *mouse* sobre os textos identificados com a cor vermelha.
- f) por último, a página inicial apresenta os créditos de execução do *software*.

Acredita-se que as informações contidas no CD-ROM permitam complementar a formação daqueles estudantes e o seu "estado de arte", naquilo que diz respeito ao conhecimento, elaboração de projetos específicos e execução da impermeabilização.

6 CONCLUSÕES

Através dos dados coletados nos questionários formulados às universidades brasileiras públicas e privadas, cadastradas no MEC - Ministério de Educação e Cultura, que possuem em seus currículos disciplinas que abordam o assunto “Impermeabilização”, e à algumas das empresas construtoras e prestadoras de serviços da Região da Grande Porto Alegre, foi possível concluir que:

- a) as universidades brasileiras, à exceção da Unisinos, FUMEC e U.F.J.F., não possuem em seus currículos disciplina que trata especificamente do “Projeto de Impermeabilização”, fato que evidencia a falta de preparo de seus corpos discentes no que concerne às condições necessárias para a concepção da impermeabilização e dos critérios para elaboração de Projeto de Impermeabilização, conforme os preceitos da Norma NBR 9575/98;
- b) dentre as empresas construtoras, algumas desconhecem a existência de Norma que trata especificamente do Projeto de Impermeabilização. Por este fato, ao não contratarem o Projeto de Impermeabilização, deixam a critério da empresa prestadora de serviços contratada a resolução dos problemas relativos à estanqueidade de suas obras;
- c) as empresas prestadoras de serviços, na sua maioria, respondeu afirmativamente a questão relativa ao conhecimento da Norma 9575/98. Entretanto, também na maioria dos casos, não desenvolvem Projeto de Impermeabilização referente às obras contratadas.

Conclui-se, também, que as empresas construtoras e aplicadoras sediadas na Região da Grande Porto Alegre não identificam no Projeto de Impermeabilização o documento capaz de minimizar as manifestações patológicas provenientes da desconsideração do que foi apontado no item 4.6.2.4, que diz respeito aos detalhes construtivos.

Considerando as conclusões apresentadas, justifica-se a importância da presente pesquisa na avaliação dos procedimentos de execução de detalhes específicos para lajes de cobertura plana horizontal e/ou em peças que estão em contato com a água, de forma eventual ou constante, a qual tem a pretensão de propiciar aos estudantes de Arquitetura e Engenharia, a

partir da apresentação de informações técnicas, o estímulo para avaliar, conceber e elaborar Projetos de Impermeabilização.

Acredita-se, também, que a pesquisa efetuada é capaz de contribuir para a capacitação dos futuros profissionais, com tendência a se refletir na prevenção de problemas patológicos relativos à estanqueidade de lajes de cobertura, a partir da correta concepção dos detalhes específicos e do cumprimento dos requisitos definidos pela NBR 9575/98 – “Projeto de Impermeabilização”.

Faz-se importante ratificar que para se evitar problemas relativos à estanqueidade, devem ser observados alguns princípios básicos:

- a) a impermeabilização é objeto de projeto específico e, necessariamente, tem compatibilidade com os demais projetos;
- b) deve ser dada especial atenção aos detalhes construtivos grifados pela Norma NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 98), observando-se, também, as prescrições fixadas para a aplicação da mesma: NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 02), NBR 8083 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORAS TÉCNICAS, 83) e NBR 12170 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 92);
- c) as especificações devem estar contidas nas informações ditadas pelas Normas Técnicas, bibliografias, bem como na experiência acumulada por profissionais do setor;
- d) para que se consigam índices satisfatórios de desempenho e de durabilidade, os materiais a serem utilizados deverão atender os requisitos mínimos necessários estabelecidos nas Normas Brasileiras;
- e) a presença do Projeto de Impermeabilização na execução das obras torna-se cada vez mais necessário, tendo em vista a importância de se proteger os materiais de construção contra a degradação protegendo o consumidor.

6.1 MULTIMÍDIA

O uso da multimídia apresenta-se como um eficaz instrumento na compreensão de fenômenos físicos. Simultaneamente com outras iniciativas que estão surgindo no setor da Construção Civil, acredita-se que este trabalho venha contribuir para a qualificação de nossas obras, de forma a minorar os índices de desperdício e para que o melhor da concepção do projeto de impermeabilização possa ser difundido.

O Sistema Multimídia é adequado às informações acadêmicas por apresentar diversas vantagens, dentre as quais destacam-se:

- a) acumula grande quantidade de conhecimentos do Sistema de Impermeabilização;
- b) permite ao usuário maior versatilidade na escolha ou elaboração do detalhamento específico;
- c) agiliza o processo de escolha das soluções pertinentes;
- d) indica visualmente as especificações e os procedimentos para sua aplicação;
- e) auxilia o aluno na concepção de propostas formais a partir das soluções registradas;
- f) avalia a interface entre os componentes do sistema a partir de informes audiovisuais;
- g) propicia conhecimento aos profissionais pouco afeitos ao tema.

6.2 SUGESTÕES PARA NOVOS ESTUDOS

Ao término da elaboração deste trabalho constata-se que, de uma maneira geral, as manifestações patológicas surgidas nas coberturas das edificações provêm, fundamentalmente, do descaso com que os responsáveis pelos projetos arquitetônicos, pela aplicação dos serviços e pela construção das edificações tratam do assunto Projeto de Impermeabilização.

Face à necessidade da ampliação do conhecimento nesta obscurecida área, torna-se premente o desenvolvimento de novos estudos, de tal forma que o alargamento de informações repercutam no aprimoramento dos projetos de impermeabilização e, por consequência, na qualidade dos serviços executados.

Para que sejam alcançados estes objetivos pode-se sugerir o desenvolvimento de novos estudos, tais como:

- a) investigação junto aos corpos docentes das Instituições de Ensino Superior (IES) sobre a importância da estanqueidade nas edificações e procedimentos adotados objetivando a redução de manifestações patológicas;
- b) avaliação dos conceitos emitidos pelos docentes das IES responsáveis pela disciplina de Impermeabilização a respeito da importância do Projeto de Impermeabilização e avaliação da abrangência de sua discussão;
- c) procedimentos sugeridos pelos docentes das IES quando da necessidade do refazimento da impermeabilização;
- d) avaliação do grau de conhecimentos de docentes e discentes das IES no que se refere a NBR 9575 - "Projeto de Impermeabilização" a partir do detalhamento construtivo lá estabelecido;
- e) levantamento do nível de informações, junto aos corpos docentes das IES, dos sistemas de impermeabilização adotados e sua compatibilidade com as exigências ditadas pela NBR 9575;
- f) investigação junto às disciplinas de Impermeabilização das IES quanto aos materiais especificados na execução do Projeto de Impermeabilização: observância às normas, ordem de aplicação, discriminação e quantificação.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. **Standard guide for preparation of concrete surfaces for adhered (bonded) membrane waterproofing systems**. ASTM D 5295. In: Annual Book of ASTM Standards, 1992.

_____. **Standard guide for standard details for adhered sheet waterproofing**. ASTM D 5898. In: Annual Book of ASTM Standards, 1996.

_____. **Standard test methods for emulsified bitumens used as protective coatings**. ASTM D 2939. In: Annual Book of ASTM Standards, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de impermeabilização - Procedimento**: NBR 9574. Rio de Janeiro, 1986. 2p.

_____. **Mantas asfálticas com armadura para impermeabilização - Especificação**. NBR 9952. Rio de Janeiro, 1987. 5p. Origem: Projeto EB-1776/1986.

_____. **Materiais e sistemas utilizados em impermeabilização - Terminologia**: NBR 8083. Rio de Janeiro, 1983. 3p. Origem: 22.004.01-001/1982.

_____. **Potabilidade da água aplicável em sistema de impermeabilização - Método de ensaio**: NBR 12170. Rio de Janeiro, 1992. 3p. Origem: Projeto 22:004.05-008/1991.

_____. **Projeto de impermeabilização**: NBR 9575. Rio de Janeiro, 1998. 5p. Origem: Projeto NBR 9575: 1985.

_____. **Projeto e execução de obras de concreto armado**. NBR 6118. Rio de Janeiro, 2002.

AKRON - Indústria e Comércio de Materiais de Construção Ltda. Boletim Técnico.

BOESIGER, Willy. **Le Corbusier**. Barcelona, Gili, 1976, 261p.

CUNHA, Aimar G. da; CUNHA, Ronaldo R. da. **Impermeabilização e isolamento térmico**; materiais e especificações. Rio de Janeiro, [s.n.], 1997, 117p.

CUNHA, Aimar G. da; NEUMANN, Walter. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico**; como projetar e executar. Rio de Janeiro, Barbieri, 1979. 227p.

CURSO TÉCNICO DE IMPERMEABILIZAÇÃO (CTI): Projeto de Impermeabilização; Sistemas Impermeabilizantes; Patologia; Coberturas. São Paulo, Viapol Ltda., 2002, 81p.

DENVER INDÚSTRIA E COMÉRCIO. Boletim técnico

DINIS, Henrique. Proposta para classificação dos sistemas impermeabilizantes, segundo suas características físico-mecânicas e de aderência ao substrato. In: 10º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização. 1997, São Paulo. **Anais**.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Aurélio Século XXI**. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1999, 2128p.

- GRANATO, José Eduardo. Projeto de impermeabilização x realidade nacional. In: 7º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, 1991, São Paulo. **Anais**.
- HACKER, Felix B. Projeto de impermeabilizações. In: 4º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, 1984, São Paulo. **Anais**.
- HENRIQUES, Fernando M. A. **Humidade em paredes**. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Sector de Edições e Artes Gráficas do CDIT, 2001, 168p.
- INFANTI Fº, Rolando. Causas de insucesso em sistemas de impermeabilização. 4º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, 1984, São Paulo. **Anais**.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO. **Apostila de impermeabilização**. São Paulo, [199?], 57p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION. **Performance standards in building**; principles for their preparation and factors to be considered: ISO 6241. London, 1984. 10p.
- JACOBUCCI, Newton. Testes de materiais. **Impermeabilizar**, São Paulo, Palanca, n.61, set. 1993, 48p.
- LOPES, Jorge M. Grandão. **Revestimentos de impermeabilização de cobertura em terraço**. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Sector de Edições do CDIT, 1998, 288p.
- MANUAL DE AISLAMIENTO ISOVER. Madrid, Cristaleria Española, 1992, 460p.
- MOORE, Michael G. **Distance Education - A Systems View**, Wadsworth Publishing Company ed., USA, 1996.
- MORAES, Cláudio Roberto Klein de. **Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre**. Porto Alegre, 2002, 91p. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação. PPGEC.
- MORGADO, José Miguel Farinha. **Impermeabilizações americanas**. Revista Impermeabilizar, São Paulo, Palanca, n.04, abr.1993, 41p.
- MORGADO, José Miguel Farinha. **Coberturas verdes**. Revista Impermeabilizar, São Paulo, Palanca, n.125, out.1998, 16p.
- MORGADO, José Miguel Farinha. Impermeabilizações americanas. **Impermeabilizar**, São Paulo, Palanca, abr.1993, 41p.
- NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN. **Cubiertas com materiales bituminosos**. NBE QB-90. Madrid. Ministerio de Fomento, ago. 2000, 49p.
- PAULING, Linus. **Química Geral**. Rio de Janeiro, RJ., 1966, 174p.
- PERUZZO, Tito M.; CANTO, Eduardo Leite do. **Química: na abordagem do cotidiano**. São Paulo, Moderna, 1996, 512p.

- PIANCA, João B. et al. **Manual do engenheiro**. Porto Alegre, Globo, 1976, 717p.
- PICCHI, Flávio Augusto. **Impermeabilização de Coberturas**. São Paulo, Pini, 1986, 220p.
- PIRONDI, Zeno. **Manual prático da impermeabilização e de isolamento térmica**. São Paulo, Pini, 1988, 303p.
- PIRONDI, Zeno. **Manual prático da impermeabilização e de isolamento térmica**. São Paulo, Direcional, (S/D) 140p.
- PORCELLO, Ernani Camargo. **Impermeabilização**. Porto Alegre, 1997, 75p. Apostila do curso de extensão universitária - Escola Politécnica da PUC, Rio Grande do Sul.
- RAMOS, Celso. **Normas de serviço de execução e fiscalização de impermeabilização**. São Paulo, 1988a, 23p., Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Normas de serviço de projeto e especificação de impermeabilização**. São Paulo, 1988b, 35p., Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.
- REID, D.A.G. **Principios de construcción**. Barcelona, Gustavo Gili, 1980, 198p.
- Revista IMPERMEABILIZAR. **Impermeabilização faz parte do currículo em três Universidades no Brasil**. São Paulo, Palanca, n.85, set.1995, 40p.
- Revista IMPERMEABILIZAR. **NBR 9575/98 - Projeto de Impermeabilização**. São Paulo, Palanca, n.143, fev.2000, 31p.
- RIVERO, Roberto. **Arquitetura e clima**; acondicionamento térmico natural. Porto Alegre, D. C. Luzzato, 1986, 240p.
- ROCHA, Silvério. **Barreira das águas**. Revista TÉCNICA, São Paulo, Editora Pini, n. 17, jul/ago.1995, 60p.
- ROLLER, Wolfgang. Escolha e dimensionamento de proteções para a impermeabilização de coberturas planas. In: 6º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização. 1988, São Paulo. **Anais**.
- SIQUEIRA F°, Firmino. Impermeabilização no Brasil e no mundo - análise e tendências do mercado. In: 7º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização. 1991, São Paulo. **Anais**.
- STEVENSON, William J. **Estatística aplicada à administração**. São Paulo, Harper & Row do Brasil, 1981.
- STORTE, Marcos et al. **Variación de las propiedades físicas de las mantas asfálticas respecto del cambio de las materias primas que la componen**. In: 10º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização. 1997, São Paulo. **Anais**.
- TEXSA BRASILEIRA LTDA. Fichas técnicas de produtos; especificações gerais para a impermeabilização de coberturas; guia de aplicação.
- THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios**; causas, prevenção e recuperação. São Paulo, 1995.

TRAUZZOLA, Neuza Maria. **A patologia nas edificações ocasionadas por infiltrações - estudo de caso**. São Paulo, 1998, 81p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Materiais. Programa de Pós-Graduação, Instituto Mackenzie.

TRAUZZOLA, Neuza Maria; GRANATO, José Eduardo. A patologia na impermeabilização. In: 7º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização. 1991, São Paulo. **Anais**.

ULSAMER, Federico. **Las Humedades en la Construcción**. Barcelona, Ediciones CEAC, 1989, 223p.

USSAN, Sérgio. **Projeto, especificação e fiscalização de uma impermeabilização**. In: 6º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização. São Paulo, 1988. **Anais**.

USSAN, Sérgio. **Introdução à impermeabilização**. São Paulo, Palanca, 1995, 89p.

VERÇOZA, Enio José. Patologia da Umidade. In: Simpósio sobre patologia das edificações - prevenção e recuperação. Porto Alegre, Gráfica da UFRGS, 1989, p464. **Anais**.

VERÇOZA, Enio José. **Impermeabilização na construção**. Porto Alegre, Sagra, 1987, 151p.

VIAPOL LTDA. Boletim técnico.

VICENTINI, Wilson Roberto. Sistemas de mantas asfálticas pré-fabricadas para impermeabilização de lajes de cobertura. In: 6º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização. São Paulo, 1988. **Anais**.

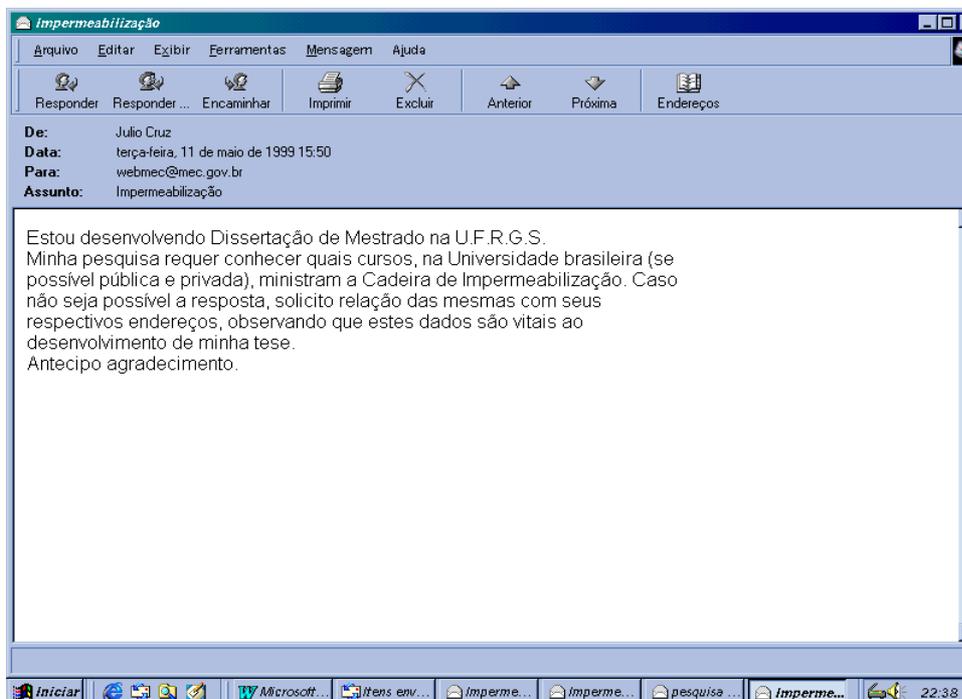
WERKEMA, Cristina. **Criando a cultura Seis Sigma**. Rio de Janeiro, Qualitymark Editores, 2002, 256p.

ZUBELLI, Jorge Castilho. **Aditivos e impermeabilização de edifícios**. Rio de Janeiro, [s.n. e 199?], 246p.

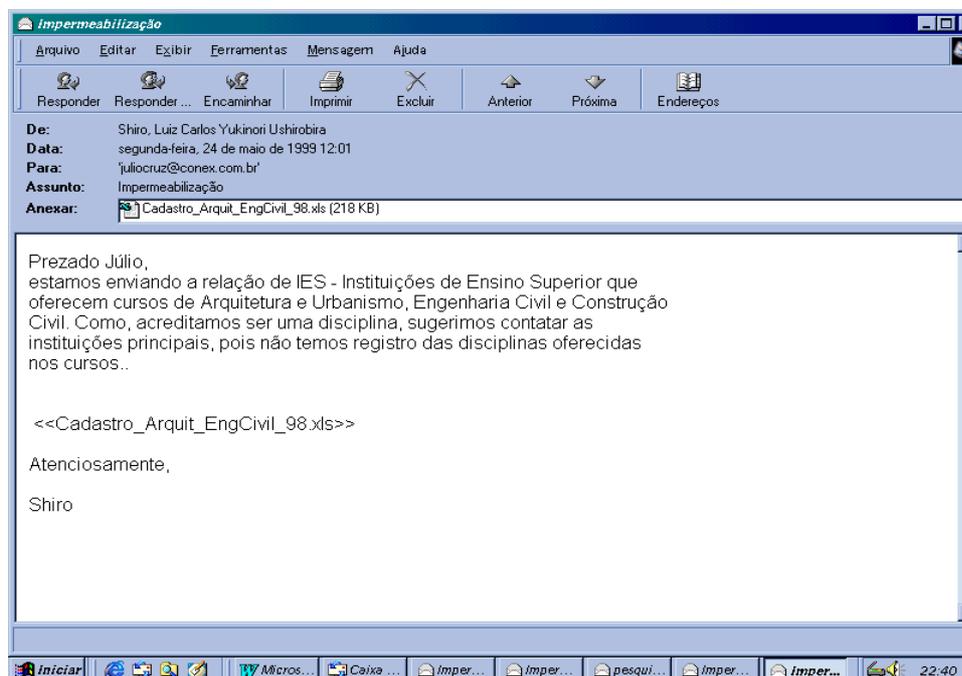
ANEXO A: Instrumentos da Pesquisa

● PESQUISA VIA E-MAIL

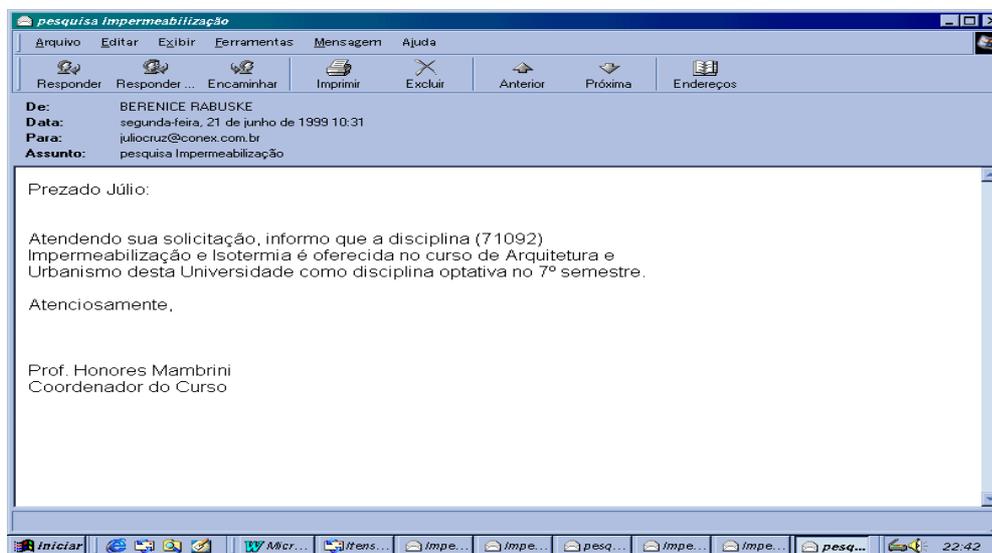
Solicitação de cadastro das IES enviado ao MEC.



Retorno da solicitação de cadastro das IES junto ao MEC.



Disciplina de Impermeabilização é oferecida no curso de Arquitetura da Unisinos.



CADASTRO

INSTITUIÇÕES DO ENSINO SUPERIOR –IES- NO BRASIL: CURSOS DE ARQUITETURA E ENGENHARIA CIVIL

MEC/SESu/COSIN/DAIN

Cadastro de IES por Curso de Arquitetura e Engenharia Civil - 1998

Fonte : MEC/INEP/SEEC

NOME DA INSTITUIÇÃO	NATUREZA
CENTRO DE ENSINO SUPERIOR UNIFICADO DE BRASÍLIA	Estabelecimento Isolado
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE LONDRINA	Estabelecimento Isolado
CENTRO UNIVERSITÁRIO "BARÃO DE MAUÁ"	Centro Universitário
CENTRO UNIVERSITÁRIO DA GRANDE DOURADOS	Centro Universitário
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA	Centro Universitário
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO TRIÂNGULO	Centro Universitário
CENTRO UNIVERSITÁRIO MOURA LACERDA	Centro Universitário
CENTRO UNIVERSITÁRIO NOVE DE JULHO	Centro Universitário
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DE PERNAMBUCO	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DE SÃO JOSÉ DO RIO	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DE VOLTA REDONDA	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ARTES ALCÂNTARA MACHADO	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ARTES PLÁSTICAS DA FUNDAÇÃO ARMANDO ÁLVA	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE BELAS ARTES DE SÃO PAULO	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS ESUDA	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - FUMEC	Estabelecimento Isolado
FACULDADES INTEGRADAS BENNETT	Faculdade Integrada
FACULDADES INTEGRADAS DO INSTITUTO RITTER DOS REIS	Faculdade Integrada
FACULDADES INTEGRADAS SILVA E SOUZA	Faculdade Integrada
FACULDADES METODISTA DO INTITUTO IZABELA HENDRIX	Faculdade Integrada
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS	Universidade
INSTITUTO CULTURAL DE ENSINO SUPERIOR DO AMAZONAS	Estabelecimento Isolado
INSTITUTO LUTERANO DE ENSINO SUPERIOR DE MANAUS	Estabelecimento Isolado
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS	Universidade
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS	Universidade
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS	Universidade
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ	Universidade
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL	Universidade
UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI	Universidade
UNIVERSIDADE BANDEIRANTE - SP	Universidade
UNIVERSIDADE BRAZ CUBAS	Universidade
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS	Universidade
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PELOTAS	Universidade
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SANTOS	Universidade
UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA	Universidade

NOME DA INSTITUIÇÃO	NATUREZA
UNIVERSIDADE DA REGIÃO DA CAMPANHA	Universidade
UNIVERSIDADE DE ALFENAS	Universidade
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	Universidade
UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL	Universidade
UNIVERSIDADE DE CRUZ ALTA	Universidade
UNIVERSIDADE DE CUIABÁ	Universidade
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA	Universidade
UNIVERSIDADE DE FRANCA	Universidade
UNIVERSIDADE DE MARÍLIA	Universidade
UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES	Universidade
UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO	Universidade
UNIVERSIDADE DE SANTA ÚRSULA	Universidade
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO	Universidade
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO	Universidade
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ	Universidade
UNIVERSIDADE DE UBERABA	Universidade
UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA	Universidade
UNIVERSIDADE DO GRANDE ABC	Universidade
UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA	Universidade
UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA	Universidade
UNIVERSIDADE DO TOCANTINS	Universidade
UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ	Universidade
UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA	Universidade
UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS	Universidade
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS	Universidade
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA	Universidade
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO	Universidade
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO - U	Universidade
UNIVERSIDADE ESTÁCIO DE SÁ	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA	Universidade

NOME DA INSTITUIÇÃO	NATUREZA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE	Universidade
UNIVERSIDADE GAMA FILHO	Universidade
UNIVERSIDADE GUARULHOS	Universidade
UNIVERSIDADE IBIRAPUERA	Universidade
UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL	Universidade
UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA	Universidade
UNIVERSIDADE NORTE DO PARANÁ - UNOPAR	Universidade
UNIVERSIDADE PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTADO E DA REGIÃO	Universidade
UNIVERSIDADE PARANAENSE - UNIPAR	Universidade
UNIVERSIDADE PAULISTA	Universidade
UNIVERSIDADE POTIGUAR	Universidade
UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE	Universidade
UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU	Universidade
UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU	Universidade
UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA	Universidade
UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU	Universidade
UNIVERSIDADE SÃO MARCOS	Universidade
UNIVERSIDADE TIRADENTES	Universidade
UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ	Universidade
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO MARANHÃO	Estabelecimento Isolado
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO PARANÁ	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA SÃO PAULO	Estabelecimento Isolado
INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA AMAZÔNIA	Estabelecimento Isolado
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO VALE DO ACARAÚ	Universidade
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE TECNOLOGIA DIMENSIONAL	Estabelecimento Isolado
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS	Universidade
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE	Universidade
UNIVERSIDADE PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTADO E DA REGIÃO	Universidade

NOME DA INSTITUIÇÃO	NATUREZA
UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE	Universidade
UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI	Universidade
UNIÃO DAS FACULDADES CLARETIANAS	Faculdade Integrada
UNIVERSIDADE DE FRANCA	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE	Universidade
UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI	Universidade
UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI	Universidade
UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS M	Universidade
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO	Estabelecimento Isolado
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS	Universidade
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS	Universidade
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO	Estabelecimento Isolado
CENTRO DE ENSINO SUPERIOR DE VOLTA REDONDA	Faculdade Integrada
CENTRO DE ENSINO SUPERIOR UNIFICADO DE BRASÍLIA	Estabelecimento Isolado
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE MACEIÓ	Faculdade Integrada
CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA	Centro Universitário
CENTRO UNIVERSITÁRIO DA CIDADE	Centro Universitário
CENTRO UNIVERSITÁRIO MOURA LACERDA	Centro Universitário
CENTRO UNIVERSITÁRIO MOURA LACERDA	Centro Universitário
CENTRO UNIVERSITÁRIO NOVE DE JULHO	Centro Universitário
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LINS	Estabelecimento Isolado
ESCOLA DE ENGENHARIA DE PIRACICABA	Estabelecimento Isolado
ESCOLA DE ENGENHARIA KENNEDY	Estabelecimento Isolado
ESCOLA DE ENGENHARIA MAUÁ	Estabelecimento Isolado
FACULDADE ADVENTISTA DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL DE ARARAQUARA	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL DE ITAJUBÁ	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL DE NOVA IGUAÇU	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA DA FUNDAÇÃO ARMANDO ÁLVARES	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA DA FUNDAÇÃO ARMANDO ÁLVARES	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA DA FUNDAÇÃO ARMANDO ÁLVARES	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA DE BARRETOS	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA DE SOROCABA	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - FUMEC	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL DE SÃO BERNARDO DO C	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL DE SÃO BERNARDO DO C	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL DE SÃO BERNARDO DO C	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE ENGENHARIA SOUZA MARQUES	Estabelecimento Isolado

NOME DA INSTITUIÇÃO	NATUREZA
FACULDADE DE ENGENHARIA SÃO PAULO	Estabelecimento Isolado
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PONTA PORÃ	Estabelecimento Isolado
FACULDADE PIO DÉCIMO	Estabelecimento Isolado
FACULDADES SALVADOR UNIFICADAS	Estabelecimento Isolado
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA	Universidade
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO RIO GRANDE	Universidade
INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA AMAZÔNIA	Estabelecimento Isolado
INSTITUTO LUTERANO DE ENSINO SUPERIOR DE MANAUS	Estabelecimento Isolado
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS	Universidade
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS	Universidade
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS	Universidade
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ	Universidade
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO	Universidade
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL	Universidade
UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI	Universidade
UNIVERSIDADE BANDEIRANTE - SP	Universidade
UNIVERSIDADE CAMILO CASTELO BRANCO	Universidade
UNIVERSIDADE CAMILO CASTELO BRANCO	Universidade
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS	Universidade
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PELOTAS	Universidade
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO	Universidade
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PETRÓPOLIS	Universidade
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SALVADOR	Universidade
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SANTOS	Universidade
UNIVERSIDADE CRUZEIRO DO SUL	Universidade
UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA	Universidade
UNIVERSIDADE DA REGIÃO DA CAMPANHA	Universidade
UNIVERSIDADE DE ALFENAS	Universidade
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	Universidade
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA	Universidade
UNIVERSIDADE DE FRANCA	Universidade
UNIVERSIDADE DE MARÍLIA	Universidade
UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES	Universidade
UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO	Universidade
UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO	Universidade
UNIVERSIDADE DE SANTA ÚRSULA	Universidade
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO	Universidade

NOME DA INSTITUIÇÃO	NATUREZA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	Universidade
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE	Universidade
UNIVERSIDADE GAMA FILHO	Universidade
UNIVERSIDADE GUARULHOS	Universidade
UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL	Universidade
UNIVERSIDADE PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTADO E DA REGIÃO	Universidade
UNIVERSIDADE PAULISTA	Universidade
UNIVERSIDADE POTIGUAR	Universidade
UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE	Universidade
UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU	Universidade
UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE	Universidade
UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES	Universidade
UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA	Universidade
UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO	Universidade
UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU	Universidade
UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ	Universidade
UNIVERSIDADE VALE DO RIO DOCE	Universidade
UNIVERSIDADE VEIGA DE ALMEIDA	Universidade

- **QUESTIONÁRIO**

(Enviado às empresas construtoras e empresas prestadoras de serviço).

Porto Alegre, / /

Prezado(s) Senhor(es)

O fato de estarmos desenvolvendo nossa Dissertação de Mestrado junto ao N.O.R.I.E. – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação – no programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da U.F.R.G.S., na área de Impermeabilização, fez-nos ver a necessidade da elaboração de enquete junto àqueles que, fruto de suas atividades profissionais, envolvem-se com os problemas pertinentes a esta atividade, num mercado que oferece dezenas de sistemas oriundos da combinação de mais de uma centena de materiais produzidos pelos mais diversos fabricantes.

O desejo expresso de auxiliar nesta tarefa indica-nos, inicialmente, a necessidade de encaminhar um questionário a respeito do assunto em pauta. Para tanto contamos com vossa pronta disposição em respondê-lo.

1. Há o conhecimento da existência de Norma Técnica que trata, especificamente, da elaboração de Projeto de Impermeabilização e que ela fixa as condições exigíveis na elaboração deste projeto?

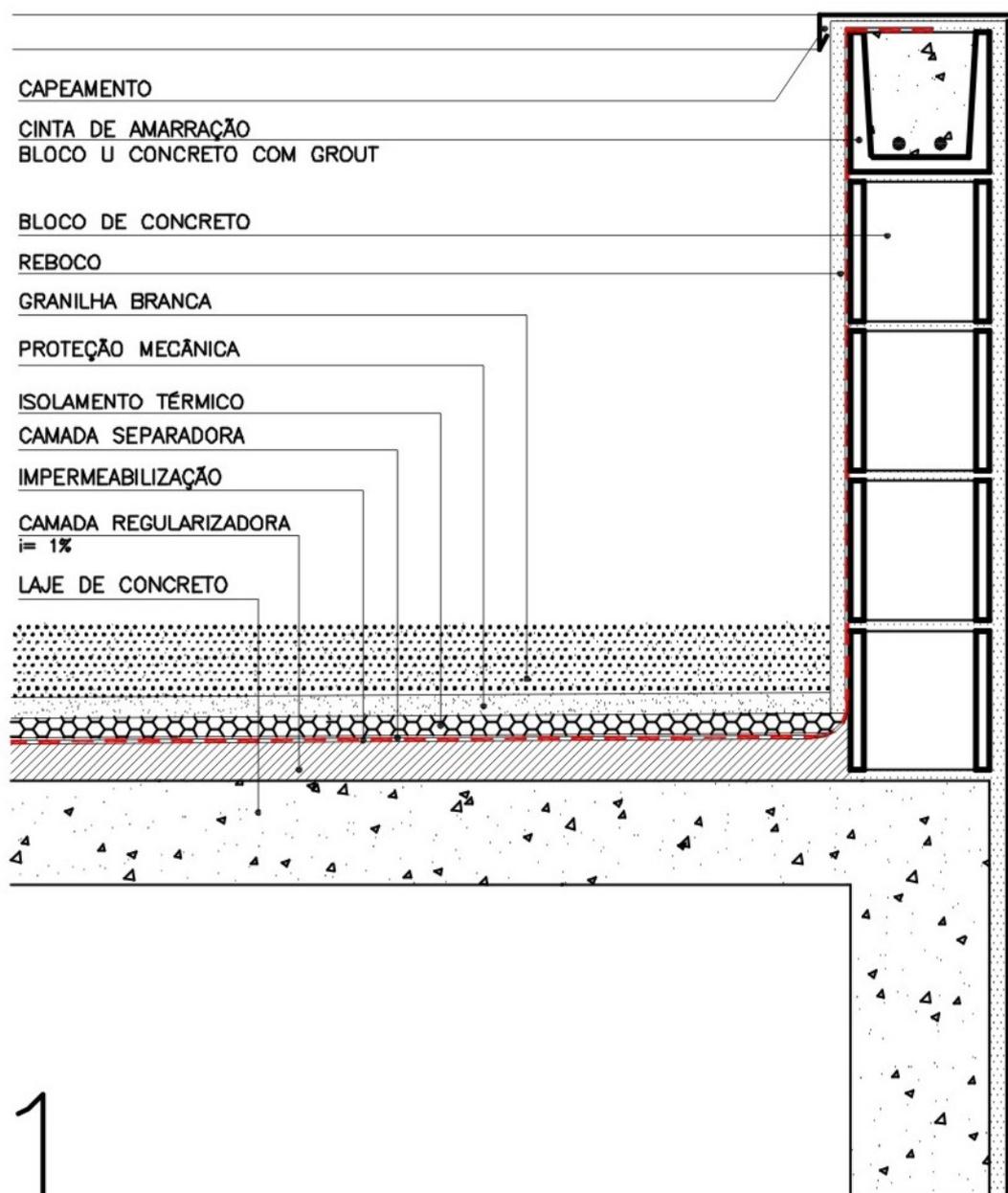
2. Sua empresa executa Projeto de Impermeabilização?

Em caso afirmativo (2), registre o nome do profissional que desenvolve seus Projetos de Impermeabilização?

Responsável pelo preenchimento:.....

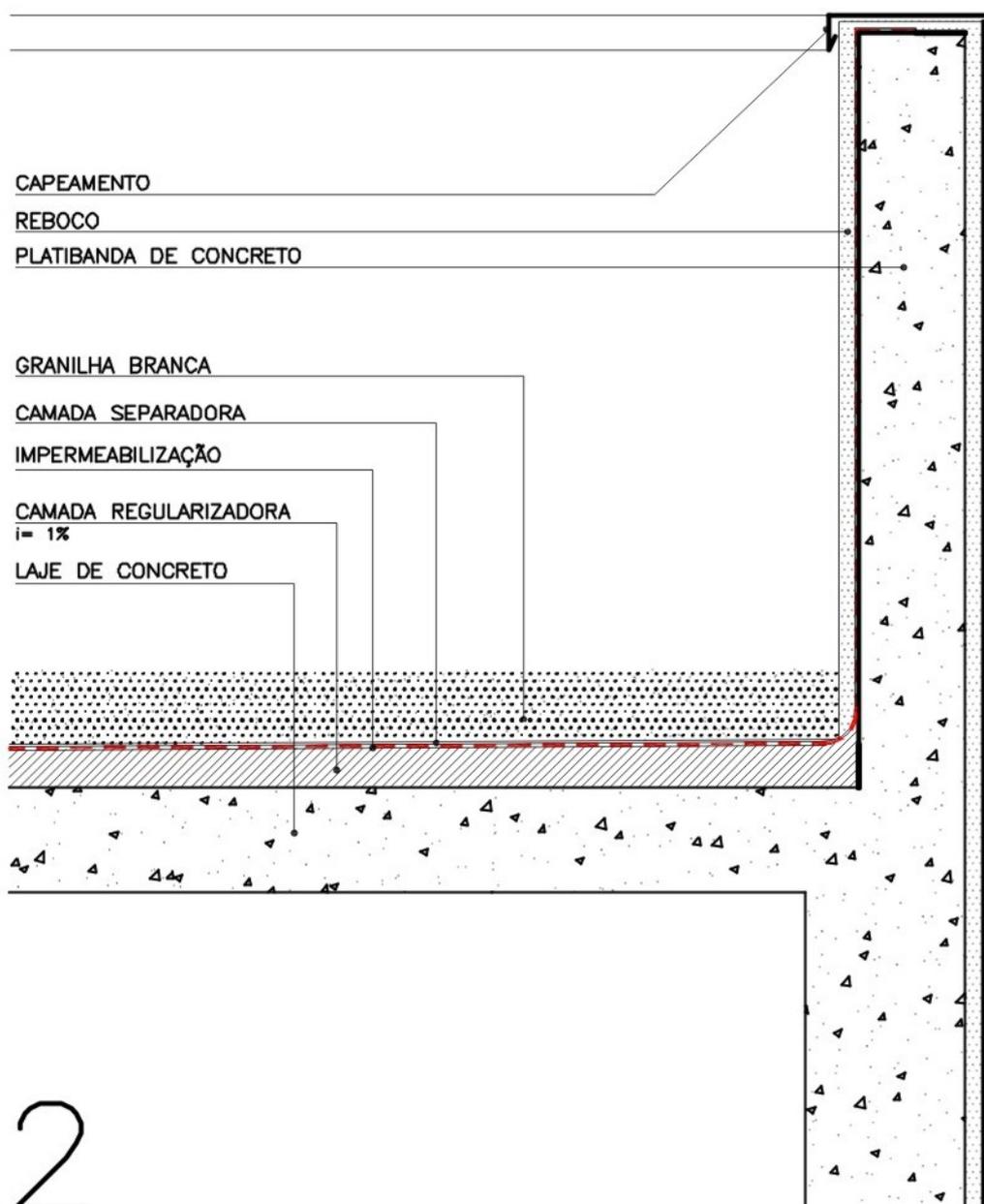
TESTES - PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO
(Encaminhados aos alunos de Graduação do Curso de Arquitetura da
U.F.R.G.S. e do Mestrado Profissionalizante do N.O.R.I.E. - U.F.R.G.S.).

TESTE A - Detalhe 1



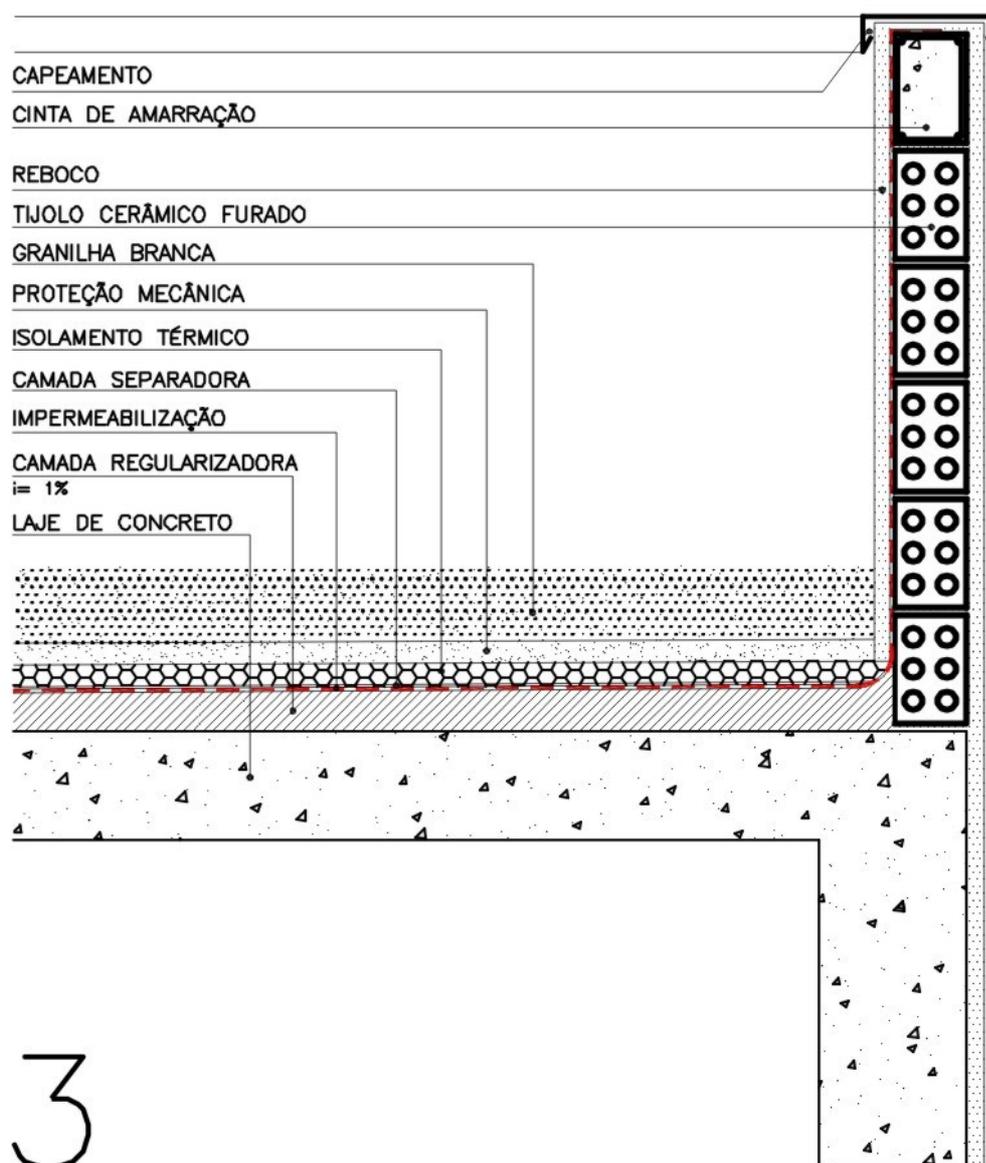
O projeto de platibanda com blocos premoldados de concreto, de conformidade com a Norma Técnica, **não é aconselhável.**

TESTE A - Detalhe 2



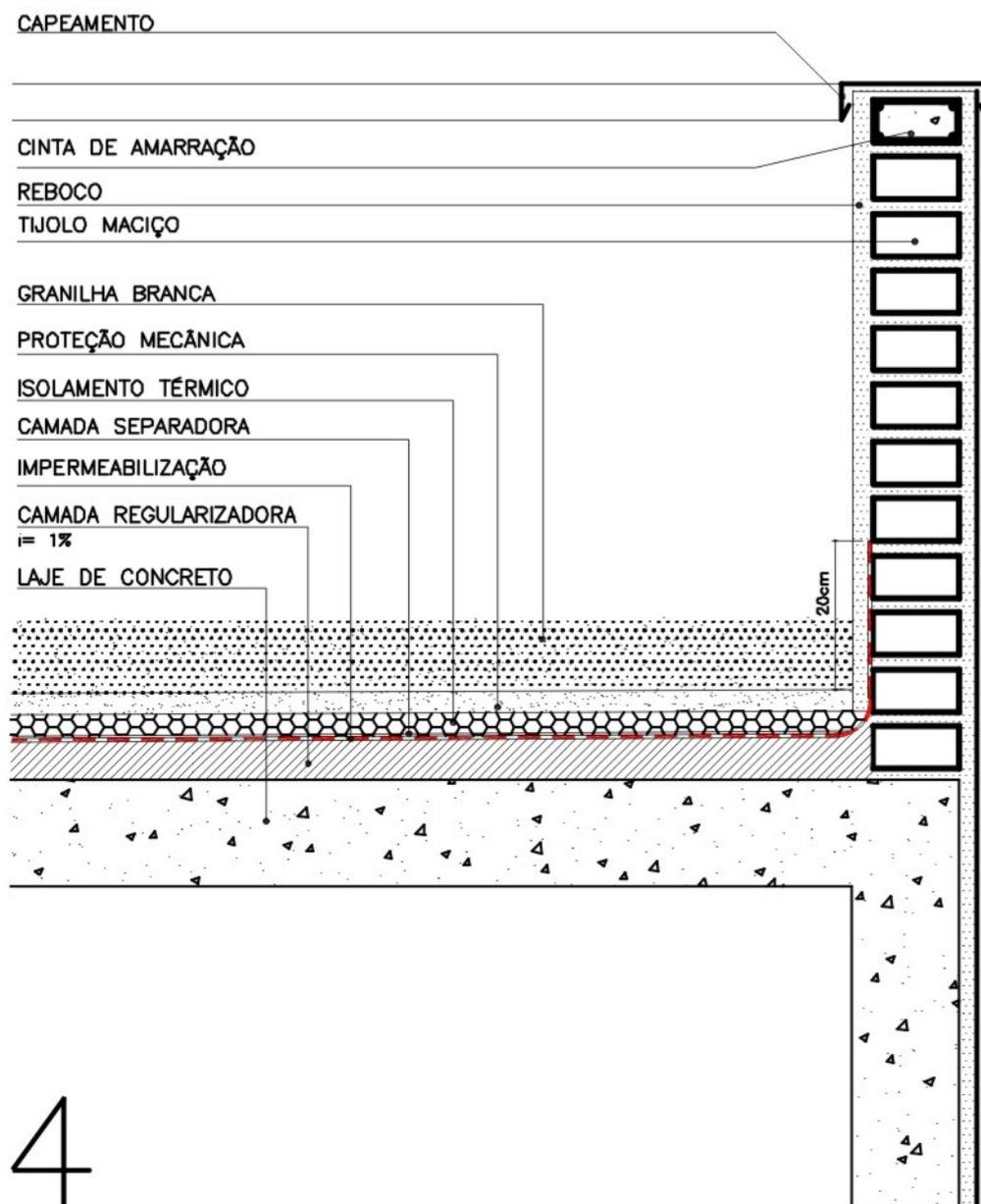
A alternativa apresentada é **incorreta** pelo fato de não apresentar camada de proteção à impermeabilização.

TESTE A - Detalhe 3



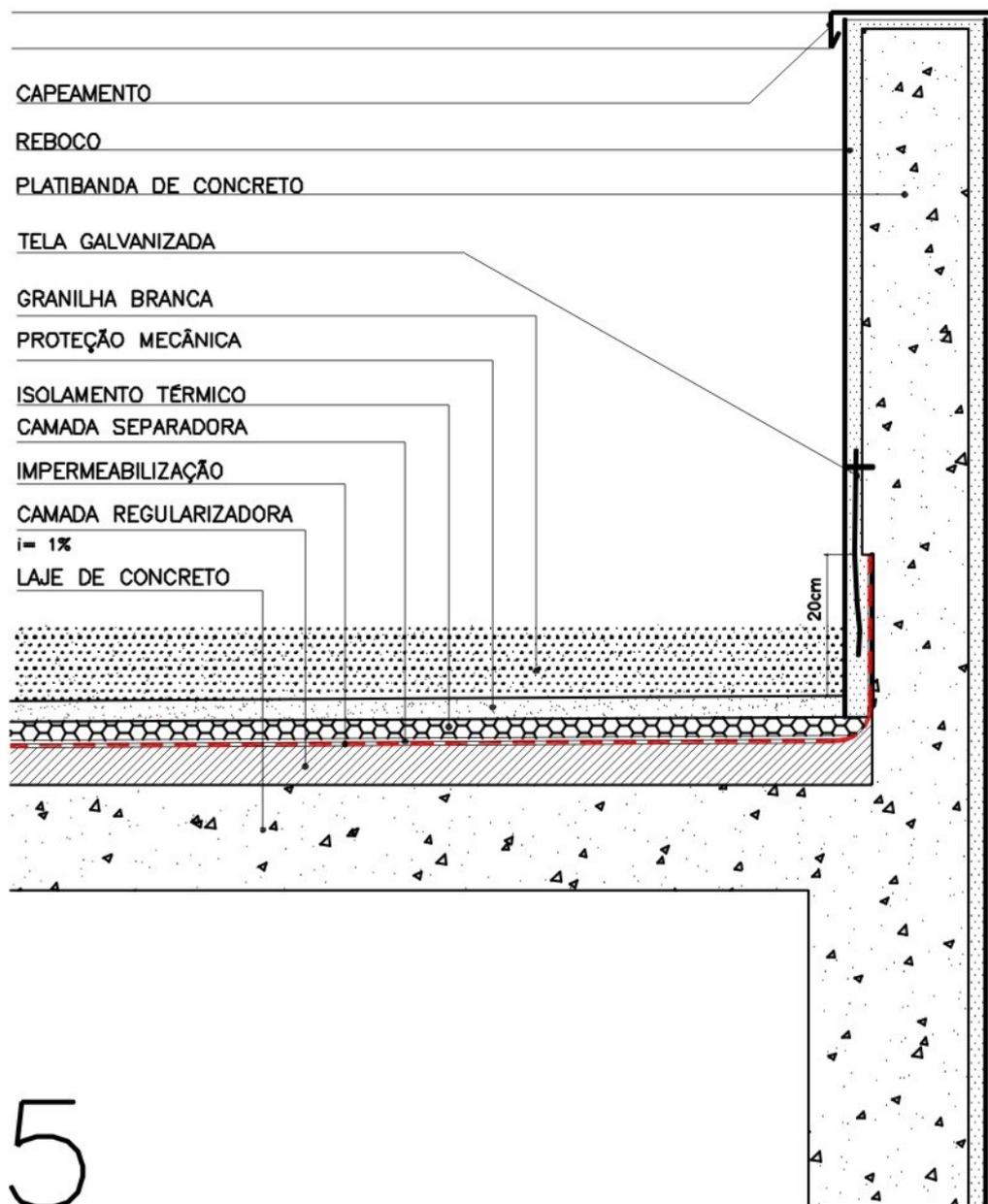
O projeto de platibanda com tijolos furados, de conformidade com a Norma Técnica, **não é aconselhável.**

TESTE A - Detalhe 4

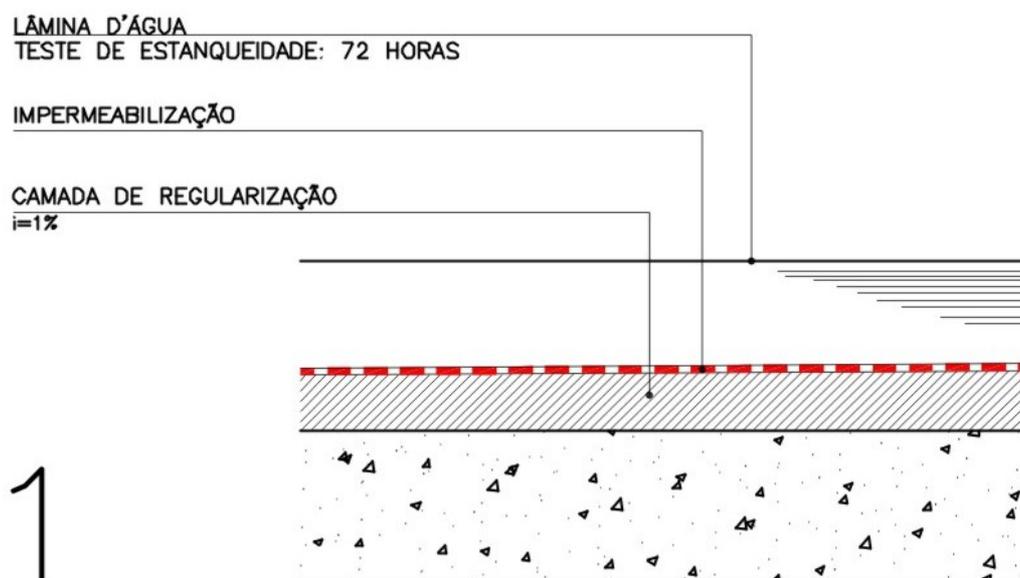


Apesar da platibanda estar projetada com tijolos maciços e contemplar corretamente todos os procedimentos para aplicação do sistema com manta asfáltica, a alternativa **não é correta**, pois não observa as determinações da Norma Técnica no que se refere aos encaixes.

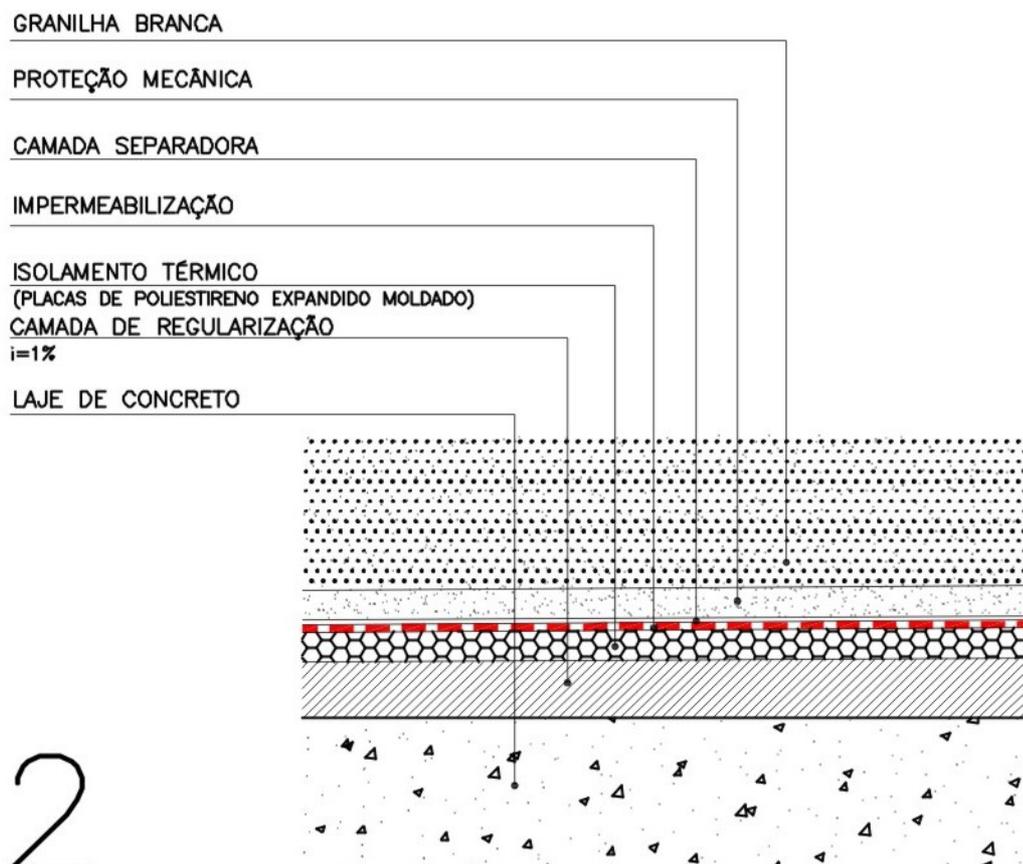
TESTE A - Detalhe 5



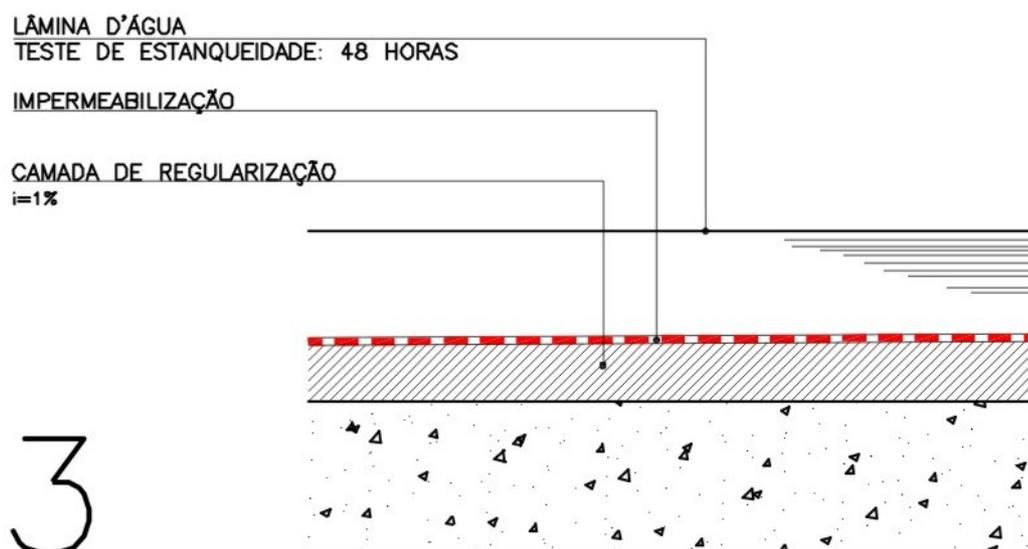
No que se refere à ancoragem, a alternativa adotada é **correta**, pois observa as determinações da Norma Técnica. Além de adotar rebaixo com 20 cm de altura acima do nível do piso acabado, contempla, corretamente, todos os procedimentos para aplicação do sistema com manta asfáltica.

TESTE B - Detalhe 1

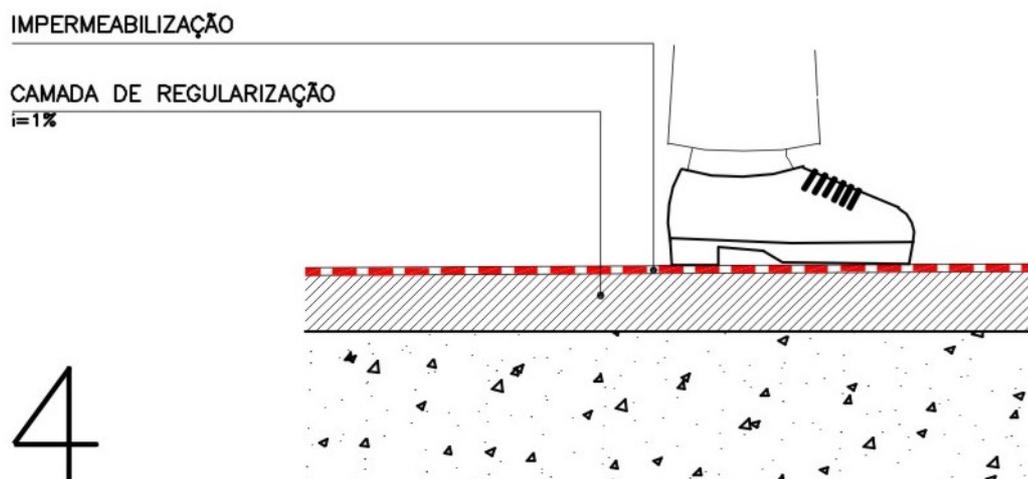
A solução projetada é **correta** visto que o ensaio hidráulico, executado num prazo mínimo de 72 horas, e a inclinação do substrato, encontram-se em acordo com as prescrições da Norma Técnica.

TESTE B - Detalhe 2

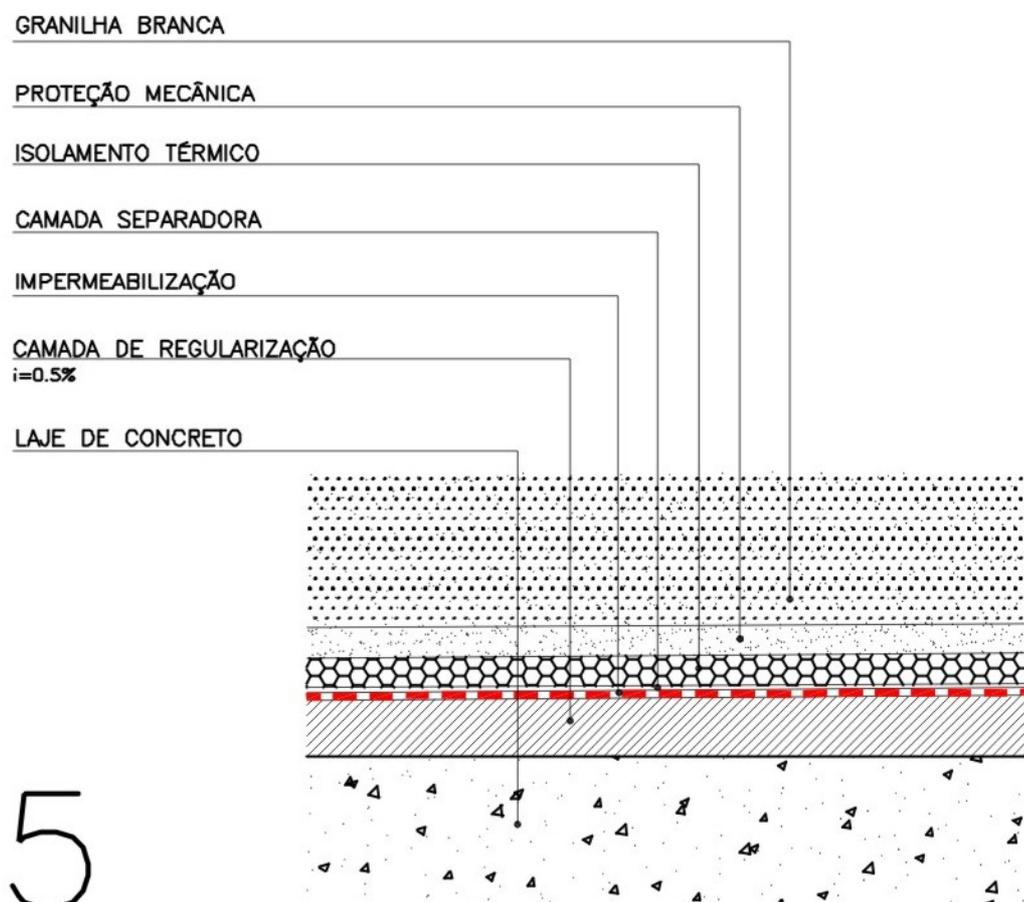
A solução de projeto **não é aconselhável** tendo em vista a colocação do isolante térmico por baixo da manta asfáltica. No intuito de caracterizar maior durabilidade do sistema impermeável a Norma preconiza que as proteções térmicas devam ser preferencialmente aplicadas sobre o mesmo.

TESTE B - Detalhe 3

A solução projetada **não é correta** pelo fato do ensaio hidráulico ter sido executado num prazo de 48 horas, em contraposição ao que prescreve a Norma Técnica.

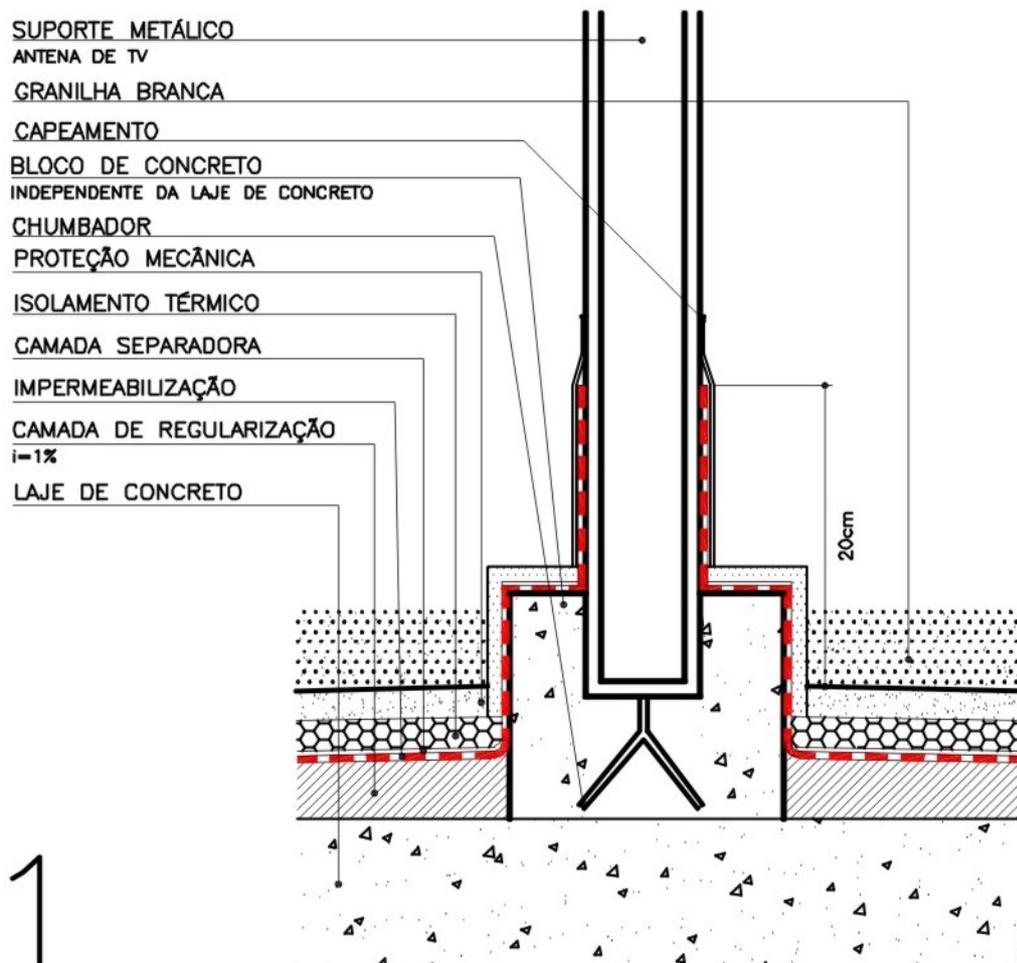
TESTE B - Detalhe 4

A alternativa **não é correta**, pois a circulação de pessoas sobre a área impermeabilizada deve se restringir aos seus aplicadores, sendo vedado o trânsito de pessoal, material e equipamentos estranhos ao processo de impermeabilização durante sua execução, como prescreve a Norma Técnica que fixa as condições exigíveis na execução da impermeabilização.

TESTE B - Detalhe 5

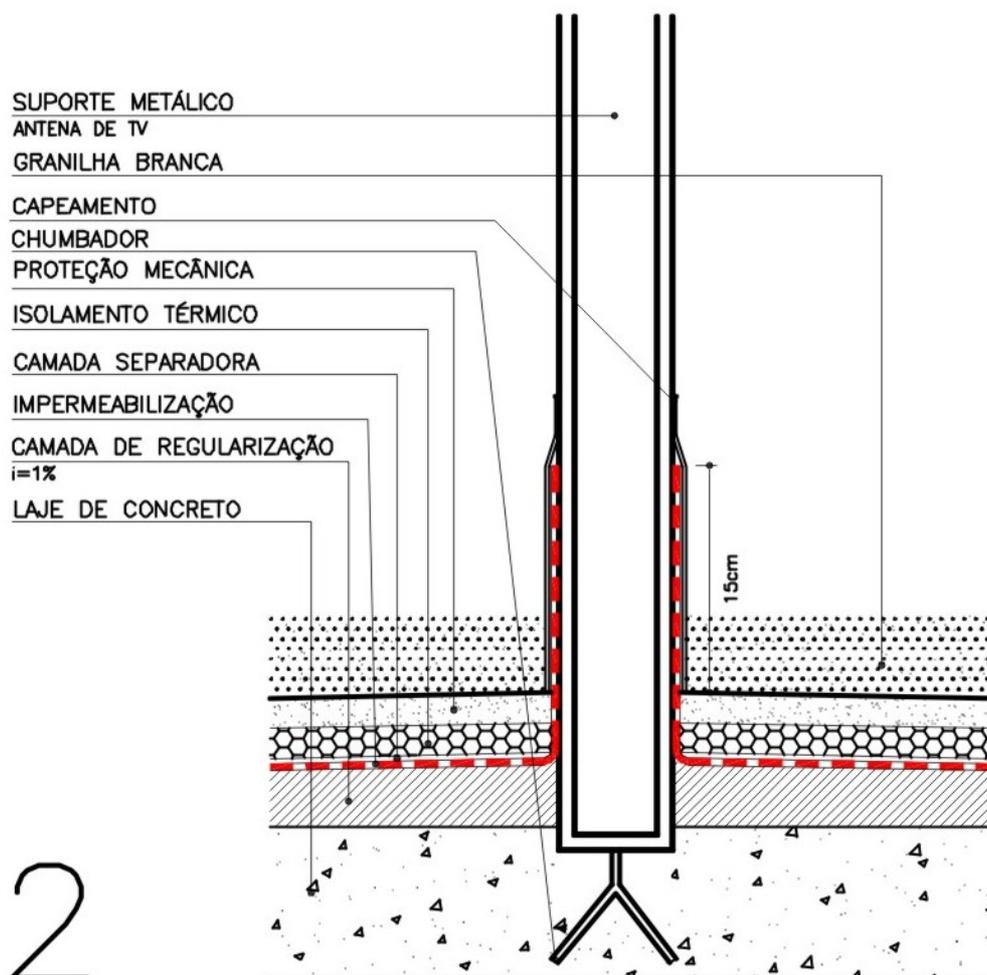
Apesar de atender a maioria das solicitações da Norma Técnica para a aplicação do sistema com manta asfáltica, a alternativa projetada **não é correta**, pois não observa a prescrição que se refere à inclinação do substrato.

TESTE C - Detalhe 1



Apesar do nível do arremate da impermeabilização atender as prescrições da Norma, a alternativa projetada não é correta, pois o bloco de concreto que sustenta o tubo metálico e que dá suporte à antena de TV não está chumbado na estrutura, como é exigido no projeto de impermeabilização. Este fato poderá exercer efeito cortante na manta asfáltica na medida em que o equipamento apostado sofrer movimentações.

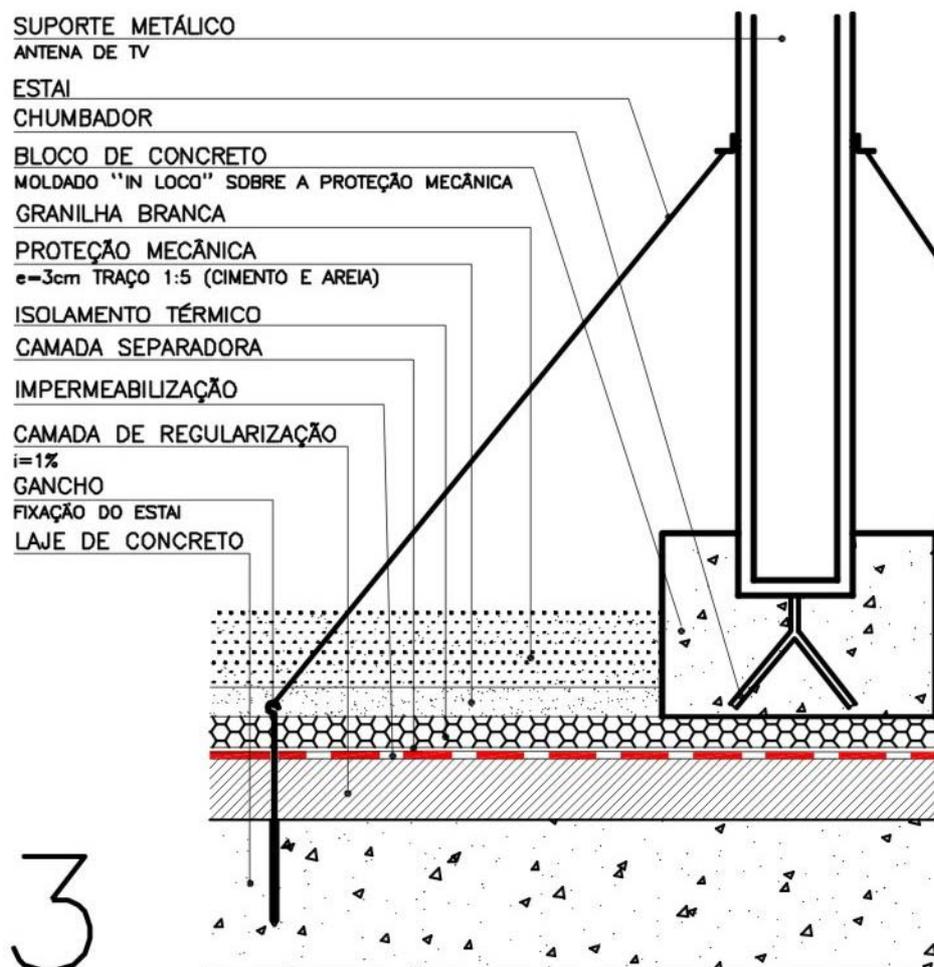
TESTE C - Detalhe 2



Apesar do detalhe atender as diretrizes exigíveis à execução de impermeabilização, no que tange às recomendações sobre chumbagens, não atende às exigências do projeto de impermeabilização, que especifica arremates da manta asfáltica com um mínimo de 20 cm acima do nível do piso acabado. Portanto, a solução não é correta.

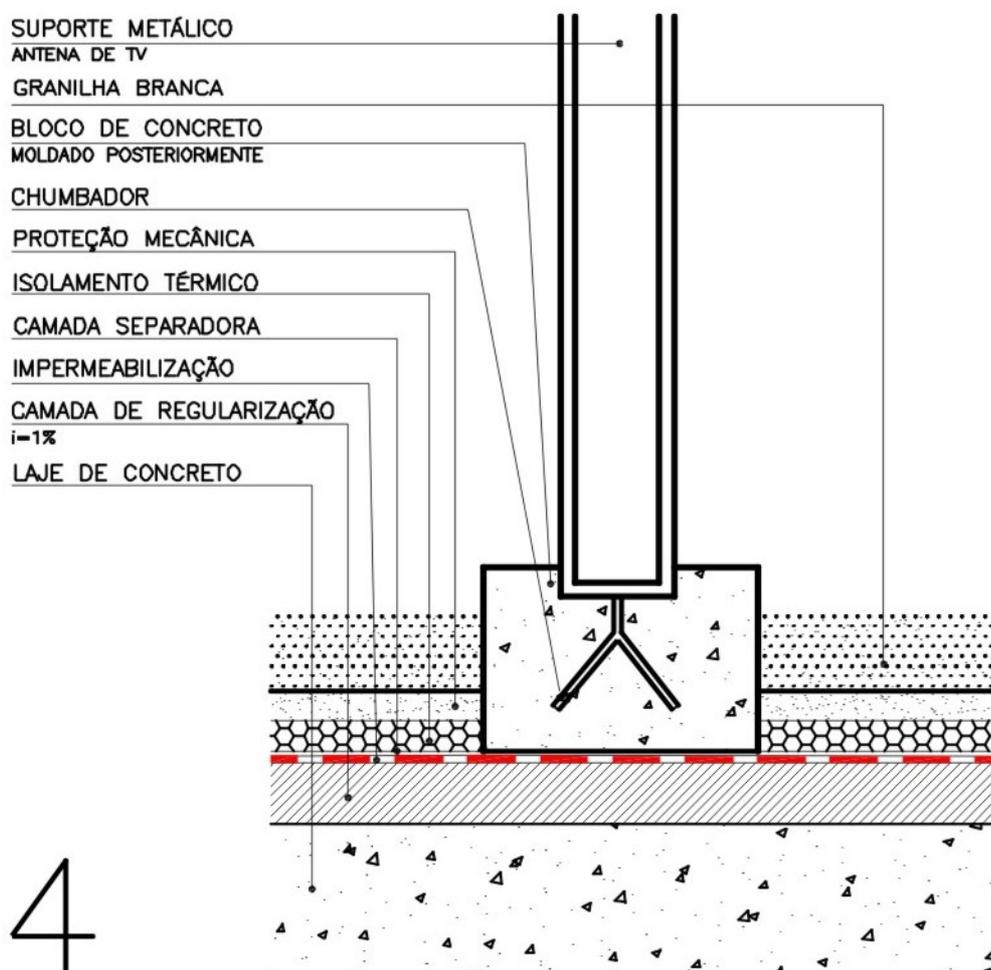
TESTE C - Detalhe 3

A alternativa apresentada não é correta por não atender as recomendações das Normas Técnicas:



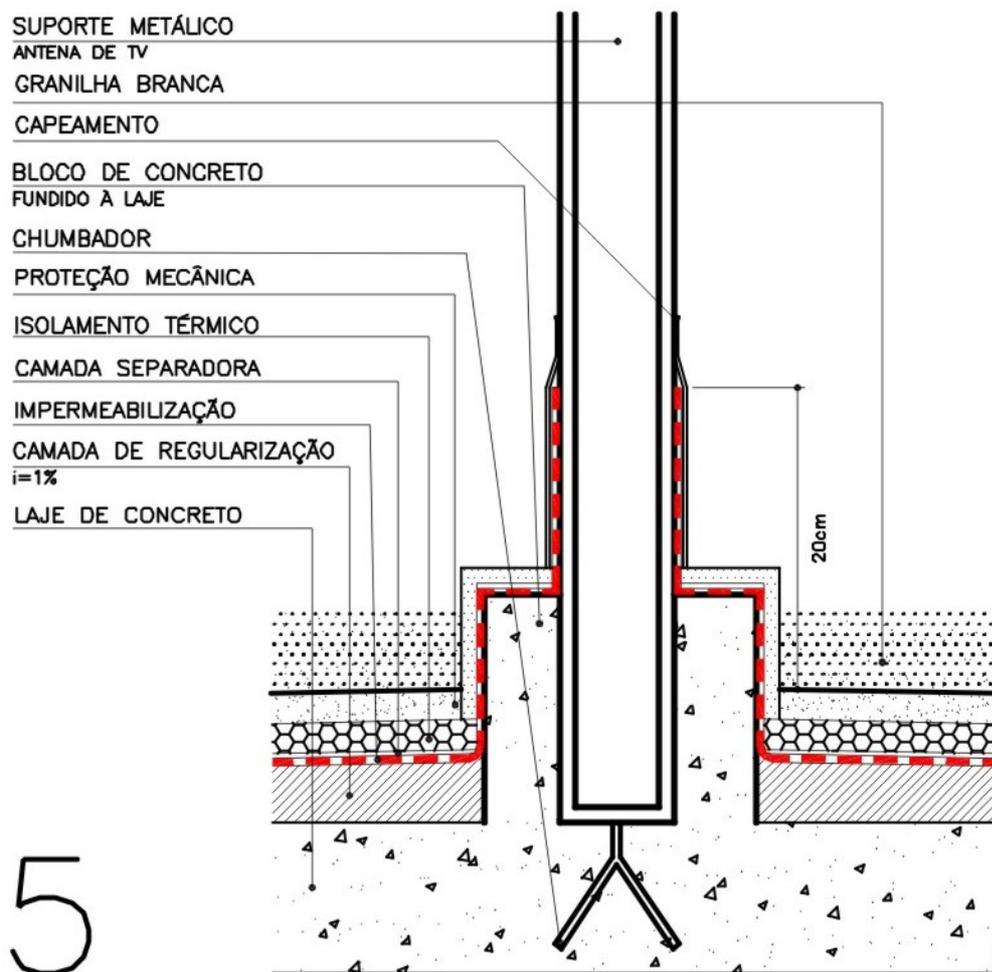
- a) a perfuração da manta asfáltica para fixação de peças que dão sustentação aos estais acarretam o término da estanqueidade gerado pelo sistema impermeabilizante.
- b) o bloco de concreto que abraça o tubo metálico e que dá suporte à antena de TV está proposto sem ancoragem à estrutura, diretamente sobre a proteção mecânica final, para a qual o projeto de impermeabilização não prevê solicitação pesada. Tal fato poderá exercer efeito cortante na manta asfáltica.

TESTE C - Detalhe 4



A alternativa projetada **não é correta** porque não atende as recomendações das Normas. O bloco de concreto que sustenta o tubo metálico e que dá suporte à antena de TV foi projetado sem estar chumbado à estrutura, diretamente sobre a impermeabilização. Este fato poderá exercer efeito cortante na manta asfáltica.

TESTE C - Detalhe 5



A alternativa projetada é **correta** tendo em vista que o bloco de concreto que sustenta o tubo metálico e que dá suporte à antena de TV, bem como o arremate da impermeabilização, foram projetados e executados conforme recomendações das Normas Técnicas.

ANEXO B: Lista de Normas Técnicas - Impermeabilização

A seguir estão relacionadas as principais normas técnicas de impermeabilização com mantas asfálticas e suas disposições:

NBR 9952/87 - Mantas asfálticas com armadura para impermeabilização. Esta Norma fixa as condições mínimas exigíveis para mantas asfálticas, com armadura, que se destinam à utilização em impermeabilização. Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 5698 – Vêu de fibra de vidro tipo reforçado – Determinação de espessura – Método de ensaio;

NBR 5699 – Vêu de fibra de vidro tipo reforçado – Determinação da massa – Método de ensaio;

NBR 7462 – Elastômeros vulcanizados – Ensaio de tração – Método de ensaio;

NBR 8083 – Materiais e sistemas utilizados em impermeabilização – Terminologia;

NBR 9953 – Mantas asfálticas – Flexibilidade à baixa temperatura – Método de ensaio;

NBR 9954 – Mantas asfálticas – Resistência ao impacto – Método de ensaio;

NBR 9955 – Mantas asfálticas – Puncionamento estático – Método de ensaio;

NBR 9956 – Mantas asfálticas – Estanqueidade à água – Método de ensaio;

NBR 9957 – Mantas asfálticas – Envelhecimento acelerado por ação de temperatura – Método de ensaio;

DIN 52123 – Testing of bituminous sheeting – Part 1 – Roof sheeting and uncoated bituminous sheeting;

ASTM D 570 – Test method for water absorption of plastics;

ASTM G 26 – Recommended practice for operating light – exposure apparatus (Xenon-Arc Type) with and without water for exposure of nonmetallic materials.

NBR 8083/83 – Materiais e sistemas utilizados em impermeabilização. Esta Norma define os termos técnicos utilizáveis às normas de impermeabilização: água de percolação; água sob pressão; agregados; alcatrão; argamassa impermeável; armadura; asfalto; asfalto modificado; asfalto oxidado; betume; camada berço; camada de amortecimento; carga; cartão; concreto impermeável; elastômero; emenda; emulsão asfáltica; emulsão asfáltica com carga; estanqueidade; feltro; feltro betumado fibra; impermeabilização; infiltração; junta; ligante; mastique; manta; membrana; membrana asfáltica; membrana de polímeros; pintura de proteção; pintura betuminosa; pintura primária; polímero; processo de impermeabilização; proteção; sistema de impermeabilização; solução asfáltica; solução asfáltica com carga; superposição; tecido; umidade do solo; vêu de fibras de vidro; vulcanização.

NBR 9574/86 – Execução de impermeabilização. Esta Norma fixa as condições exigíveis na execução de impermeabilização, e se aplica a todas as obras sujeitas à impermeabilização. Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 8083 – Materiais e sistemas utilizados em Impermeabilização;

NBR 9575 – Elaboração de projetos de impermeabilização.

NBR 9575/98 - **Elaboração de projetos de impermeabilização**. Esta Norma fixa as condições e diretrizes exigíveis para a concepção da impermeabilização e critérios para a elaboração do projeto de impermeabilização. Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 8083/83 – Materiais e sistemas utilizados em Impermeabilização;

NBR 6118/02 - Projeto e execução de obras de concreto armado;

NBR 12170/92 - Potabilidade da água aplicável em sistema de impermeabilização.