

ESTUDO DE IMPERMEABILIZAÇÃO PARA SUBSOLOS COM ESTRUTURA SUJEITA À SUBPRESSÃO EM ZONAS COSTEIRAS

Camila S. Grainho(1); Orlando C. Longo(2)

(1) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense – Rio de Janeiro, Brasil – email: camilagrainho@ig.com.br

(2) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense- Rio de Janeiro, Brasil – email: longo@poscivil.uff.br

RESUMO

roposta: Análise das técnicas e materiais de aplicação de impermeabilização de subsolos submetidos à subpressão e à águas confinadas, com rebaixamento do lençol freático, em edifícios já existentes, da zona costeira do Município do Rio de Janeiro. A análise dos materiais, disponíveis no mercado da construção civil brasileira, à serem empregados é influenciada por cada tipo de solo encontrado e técnicas construtivas da estrutura de concreto. Importância do profissional especialista na elaboração de uma consultoria ou projeto de impermeabilização. **Método de pesquisa/Abordagens:** Análise físico-química dos materiais, Estudo de caso de patologia dos subsolos executados na orla do município do Rio de Janeiro, análise bibliográfica. **Resultados:** O estudo permite demonstrar aos profissionais da construção civil que as técnicas e materiais utilizados na impermeabilização dos subsolos sujeitos à subpressão, variam de acordo com a localidade do empreendimento, do tipo de técnica e material construtivo adotado para executar a estrutura e principalmente da análise de um especialista para indicação do produto correto a ser aplicado na estrutura. **Contribuições/Originalidade:** Análise dos materiais de impermeabilização, disseminação de técnicas e conceitos não divulgados em bibliografias e valorização do papel engenheiro-arquiteto como consultor especialista.

Palavras-chave: caracterização; tipo de estruturas; impermeabilização; controle de qualidade.

ABSTRACT

roposal: Analysis of techniques and materials for the application of waterproofing basements, submitted to influence of aquifers adjacent and in confined waters, with lowering of the water table in existing buildings, coastal zone of the city of Rio de Janeiro. The analysis of the material, available on the market in the Brazilian construction, to be employed is influenced by each type of soil found in constructive technical structure of the concrete. Importance of professional specialist in the development of a consultancy or project of waterproofing. **Methods:** Physico-chemical analysis of materials, Case study of pathology of basements implemented at the edge of the city of Rio de Janeiro, analysis literature. **Findings:** The study allows professionals to demonstrate that the construction techniques and materials used in sealing the basements subject to influence of aquifers adjacent, vary depending on the location of the venture, the type of technical and material constructive adopted to implement the structure and especially the analysis of a expert to indicate the right product to be applied in the structure. **Originality/value:** Analysis of material for sealing, dissemination of techniques and concepts not disclosed in bibliographies and enhancement of the role engineer-architect as a consultant specialist.

Keywords: characterization; structures type; waterproofing; quality control.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Histórico da impermeabilização dos solos no Brasil

A impermeabilização de solos no Brasil começa a surgir quando o crescimento urbanístico das cidades e com a padronização dos gabaritos. Foi necessário então que os arquitetos começassem a projetar para abaixo no nível do solo. A zona mais valorizada do município do Rio de Janeiro, Zona Sul e Barra da Tijuca, localizada entre a montanha e o mar, foi a que recebeu mais investimentos na área imobiliária e é onde se concentra a maior parte do mercado de impermeabilização, principalmente de solos.



Figura 1 – Mapa da cidade do Rio de Janeiro. Fonte: www.citiesturist.br

1.2 Tipos de estruturas

1.2.1 Concreto Armado

Paredes convencionais de concreto armado podendo ser aditivado ou não. O rebaixamento do lençol pode executado total ou parcialmente do lado interno do subsolo.

1.2.2 Parede de diafragma

Paredes de concreto moldadas in loco, especificadas para locais onde o terreno possua construções vizinhas. O rebaixamento deve ser realizado do lado interno da estrutura.

1.2.3 Técnica de rebaixamento de lençol freático

A pressão exercida na estrutura dos solos é realizada pelo lençol freático da localidade. No ciclo hidrológico grande quantidade de água precipitada nos continentes penetra por gravidade no solo até atingir as zonas saturadas que constituem o reservatório de água subterrânea os lençóis aquíferos. Encontramos materiais muito permeáveis como as areias e siltes onde a água flui com facilidade e encontramos materiais impermeáveis ou semi-impermeáveis onde a água não flui ou encontra dificuldades para fluir.

Ao percolar pelo terreno, a água forma pequenos canalículos e exerce uma certa pressão sobre o terreno. Quando uma escavação atinge estes aquíferos, se torna necessário executar qualquer serviço à seco. Faz-se necessário esgotar a água durante a execução desses serviços. Os processos empregados para esse fim são denominados "rebaixamento temporário de aquíferos", ou rebaixamento de lençol freático.

O sistema mais utilizado no rebaixamento do lençol freático da zona costeira do Município do Rio de Janeiro é o de ponteiros filtrantes, "well-points". O sistema consiste na implantação de várias ponteiros filtrantes, tubo de ferro galvanizado ou de PVC, com pequeno espaçamento entre elas, ao longo do perímetro da área a rebaixar, as quais são ligadas as redes coletoras através de mangueiras plásticas dotadas de um registro. Depois de completados o rebaixamento estas ponteiros são tamponadas (Figura 2). São necessárias várias bombas instaladas no subsolo para a manutenção do nível da água

subpressão.

Esta água mesmo sendo rebaixada exerce pressão contra o solo, que transfere a pressão para a estrutura dos subsolos.

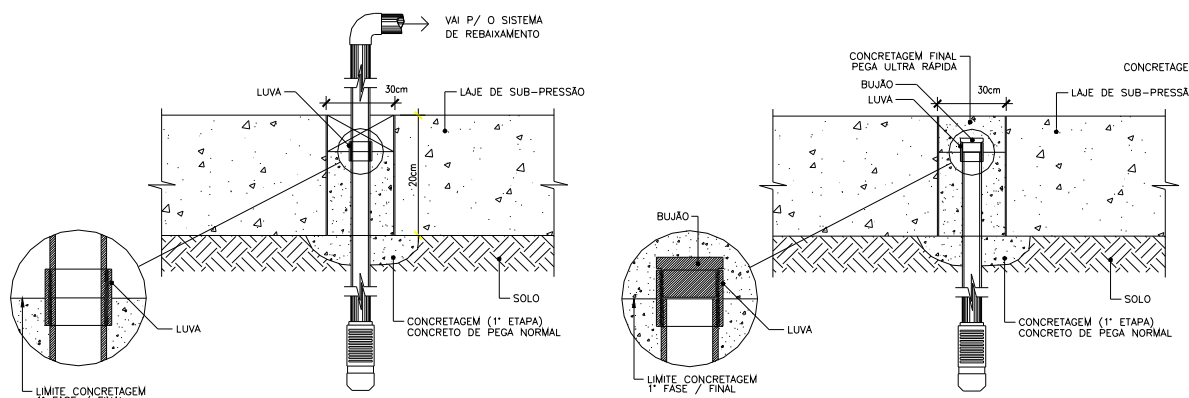


Figura 2– Tamponamento de ponteiros

1.3 Tipos de impermeabilizantes

A escolha do tipo de impermeabilizante a ser adotado deve ser realizado por estudo sobre as seguintes questões e informações: Corte vertical no projeto arquitetônico para situar a implantação do(s) subsolo(s) em relação a um RN, perfil de sondagem do terreno com o objetivo de situar o lençol freático em relação ao RN e o tipo de solo existente nas camadas estratificadas, histórico (se possível) do comportamento das bacias d'água da região, cursos d'água, lagoas e adjacências, partido previsto para as fundações da edificação (rasas, profundas, estacas, radier's, etc...), partido adotado para as cortinas (paredes) de contenção vertical do solo (concreto convencional moldado in-loco, cortinas tipo diafragma moldadas ou pré-fabricadas, paredes de estacas tipo "strauss", concreto projetado ou outro), partido previsto no desenvolvimento do projeto estrutural notadamente no que diz respeito à laje de subpressão, tecnologia de concreto adotada para a obra no que diz respeito aos índices de cálculo estrutural (resistência à compressão axial, módulo de elasticidade, fissuração admitida, etc...), fator água-cimento, adoção ou não de aditivos e tipificação dos mesmos, plano de concretagem com previsão de juntas de retração, emendas de concretagem, etc..., definição do(s) sistema(s) de rebaixamento do lençol freático e eventual instalação de piezômetros para medições acompanhadas, acabamentos desejados nos piso (ISCHAKEWITSCH, 1995).

1.3.1 Epóxi

A primeira aplicação significativa do epóxi data de 1962, em um subsolo da Ilha Viana 29m abaixo do nível do mar, com desempenho satisfatório até o momento (MANSO 1993).

As resinas epoxídicas são plásticos termofixos (termo estáveis) obtidos pela reação de polimerização da epícloridrina com bisfenol acetona. São misturadas duas partes: componente A e componente B. O componente A também chamado de resina epóxi e o Componente B chamado de agente endurecedor.

O sistema de impermeabilização com epóxi é o mais utilizado na impermeabilização de subsolos sujeitos à subpressão na zona costeira do Município do Rio de Janeiro, devido ao seu desempenho e a sua aparência final.

Poder ser isento de solventes, de composição atóxica, podendo ser utilizado em reservatórios enterrados sujeitos à subpressão.

1.3.2 Argamassa impermeável

Considerado um sistema rígido, a impermeabilização com argamassa impermeável é aplicada pelo lado interno (contra pressão negativa) das paredes da estrutura. Constituída por uma argamassa de cimento e areia e aditivo impermeabilizante. Sistema mais utilizado quando a estrutura do subsolo é de parede de diafragma (Ver item 1.2.2).

1.3.3 Sistema de cristalização

Consiste em várias técnicas diferentes. Um com um produto monocomponente e outro com produto bicomponente. O monocomponente, constitui-se por um pó que é acrescentado no momento de dosagem do concreto ou aspergido em uma demão sobre a estrutura à ser impermeabilizada ou através de uma pintura com uma demão. Segundo o fabricante o produto sela fissuras até 0,4mm. O fabricante especifica os procedimentos e a técnica de aplicação, mas não especifica ensaios e Normas brasileiras no qual o sistema pode se encaixar. O bicomponente constitui-se: Pó-1-Material de base cimentícia, minerais e aditivos com pega rápida, Pó-2 - Cristalizante ultra rápido, com início de pega em 7 segundos e endurecimento em até 90 segundos, isento de cloretos e Líquido Selador - Selador mineral, à base de silicatos.

Na descrição desse sistema analisaremos o produto monocomponente, devido a sua maior emprego no município do Rio de Janeiro.

1.3.4 Sistema com manta asfáltica

A utilização da manta asfáltica na impermeabilização dos subsolos é feita na parte de fora das paredes (contra pressão positiva). Considerado um sistema elástico, este necessita de maiores preocupações na hora da sua execução. A primeira delas é a de que a fundação deve ser do tipo Radier para que não haja armaduras passantes pela manta. A segunda preocupação a ser tomada é a de realizar o rebaixamento do lençol freático pelo lado externo da estrutura.

1.4 Patologias do concreto

Antes de realizar uma impermeabilização deve-se ter o cuidado de preparar a superfície, fechando fissuras, tanto de retração hidráulica e térmica (SOUZA 1998), broca de formas, defeitos de concretagem, sobra de argamassas, tratamento de juntas, remoção de óleos, graxas e desmoldantes.

Essas patologias podem interferir numa boa execução da impermeabilização.

1.5 Projeto de impermeabilização

O Projeto de impermeabilização definido pela NBR 9575 auxilia na especificação, compatibilização e procedimentos de execução da impermeabilização dos subsolos.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar as técnicas e materiais de aplicação de impermeabilização de subsolos submetidos à subpressão, com rebaixamento do lençol freático, em edifícios já existentes. A análise dos materiais a serem empregados é influenciada por cada tipo de solo encontrado e técnicas construtivas da estrutura de concreto. Demonstrar a importância do projeto de impermeabilização para que sejam evitados danos à especificação e procedimentos da execução dos serviços.

3 METODOLOGIA

3.1 Seleção de bibliografia e Referências

O estudo de impermeabilização no Brasil não atinge como uma prioridade nas escolas de Engenharia e Arquitetura. Geralmente é ensinado na disciplina de materiais de construção, porém lecionado por

professor geralmente sem conhecimento profundo dos materiais e técnicas utilizados no mercado da construção civil. Não por falta de interesse, mas sim por ser um tipo de assunto específico e que varia de acordo com várias situações e solicitações, como já dito anteriormente.

Encontramos dificuldades para então selecionarmos uma bibliografia sobre o assunto, gerando resultados somente em artigos, dissertações, teses, trabalhos publicados e entrevista com especialistas do ramo de impermeabilização.

3.2 Seleção dos materiais

A seleção dos materiais foi realizada através de pesquisas sobre os três produtos mais aplicados na impermeabilização de subsolos no Município do Rio de Janeiro. Contudo foram selecionados quatro tipos de sistemas: Sistema epoxídico, sistema de cristalização, sistema com argamassa cimentícia impermeabilizante e sistema com manta asfáltica. Este ultimo quase não é utilizado como sistema de impermeabilização, contudo foi bem empregado e teve sucesso em dois empreendimentos e problemas em um, no município em questão.

3.3 Estudo de patologias do concreto e recuperação

Realizou-se uma vistoria em três obras para que alguns problemas e correções a serem adotadas nos subsolos fossem analisados. O nome dos empreendimentos não será citado neste trabalho.

3.4 Elaboração de projeto de impermeabilização

Junto a um consultor e projetista de impermeabilização foram definidos as principais vantagens para a contratação dos serviços especializados. Definiu-se a importância do projeto de impermeabilização para a perfeita especificação, execução e fiscalização dos serviços a serem executados nos subsolos.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Análise do sistema epóxi

Considerado um sistema semi-elástico, com módulo de elasticidade longitudinal menor que 2.000Mpa e alongamento na ruptura maior que o aço ($E > 1\%$) (PINTO 1986).

Sua capacidade de adesão garante sempre uma perfeita colagem e ancoragem.

O módulo de elasticidade de um sistema epóxi gira em torno dos 2.000 MPa contra 21.000 MPa do concreto convencional de cimento portland, sendo portanto cerca de 10 vezes mais elástico que este último, permitindo ao filme absorver fissuras até o limite último de fissuramento previsto na norma de concreto NBR- 6118.

Composições epóxi comumente atingem a valores superiores a: resistência à compressão – 200 Mpa, resistência à flexão – 100 Mpa, resistência à tração – 70 Mpa,.

A aplicação do sistema é executada do lado interno da estrutura (contra pressão negativa).

O piso, as paredes e pilares recebem uma camada de primer asfáltico, que funcionam como ponte de ligação com o filme de epóxi que será aplicado. A Norma NBR 6118 permite fissuras de até 0,3mm (NBR 6118 – estado limite), e quando a fissura aparece o filme continua trabalhando no regime elástico (Figura 3). O piso recebe como proteção mecânica a aplicação de uma camada de revestimento epóxi em cor a ser definida com incorporação de carga de quartzo com o objetivo de melhorar a resistência à abrasão e tornar o piso anti-derrapante.

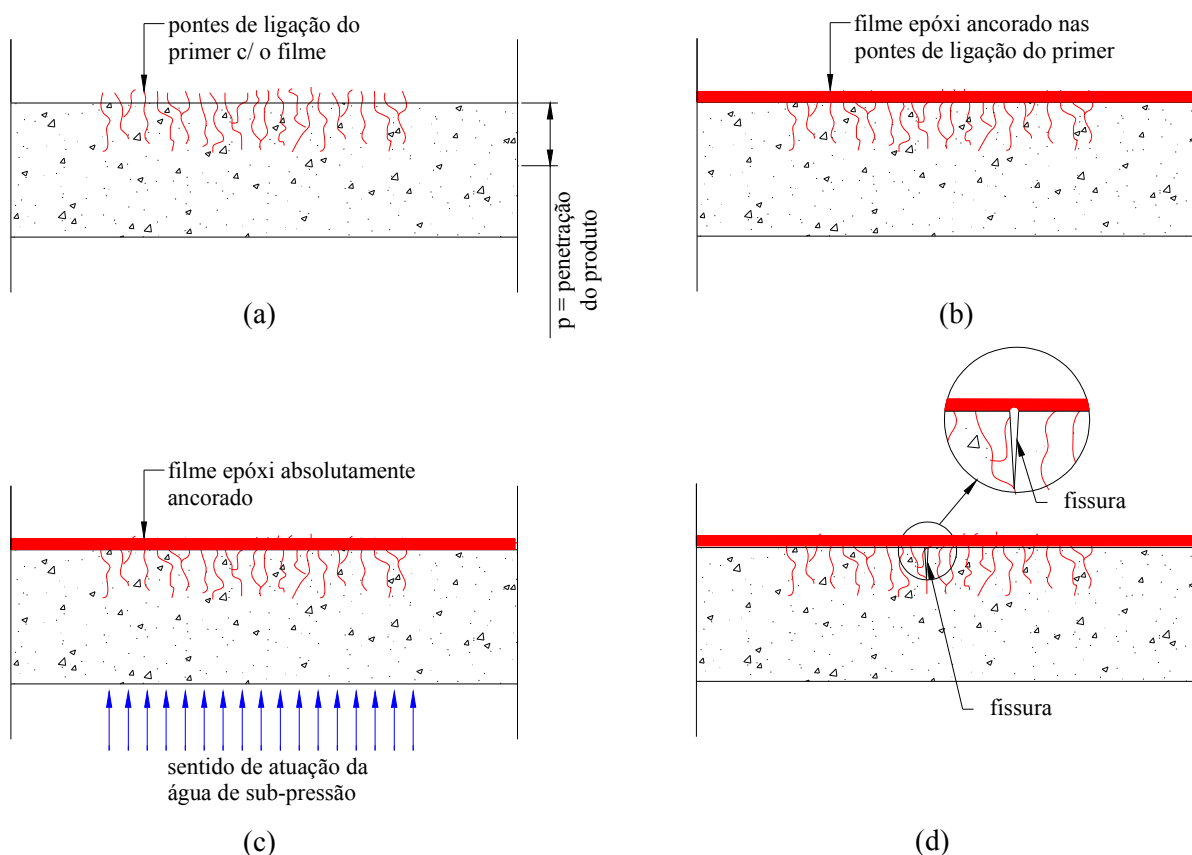


Figura 3 – Detalhe do sistema (a) Aplicação do primer (b) Aplicação do filme epóxi (c) Sentido da atuação de sub-pressão (d) Limite de fissura.

4.2 Análise do sistema cristalizante

Tratamento químico apresentado na forma de pó, que consiste de uma mistura de cimento Portland, com partículas de sílica e diversos componentes químicos ativos. Quando este pó é misturado a água e aplicado sobre uma superfície de concreto, os componentes químicos ativos provocam uma reação catalítica, que reagem com o cimento em presença da água, de modo a provocar a formação de uma estrutura cristalina não tóxica e insolúvel nos poros e capilaridades, e na zona de transição pasta-agregado da microestrutura do concreto endurecido. Propiciando uma estanqueidade progressiva da estrutura em situações de fortes pressões hidrostáticas positivas ou negativas contra a água e líquidos em geral, tornando-se parte integrante do concreto básico. As reações químicas ocorrem não somente na superfície como continuam profundamente na estrutura do concreto. Em testes realizados no Japão, as formações cristalinas foram encontradas à 5 cm de profundidade em 26 dias e à 30 cm em um ano (XYPEX 2007). Segundo os fabricantes o sistema sela juntas de até 0.4mm.



Figura 4 – No corpo de prova, 26 dias após a aplicação do sistema de cristalização.

4.3 Análise do sistema de argamassa impermeável

4.3.1 Especificação

Argamassa de cimento portland e areia média lavada, traço volumétrico 1:3, $f_{ck} \geq 20$ Mpa, em cuja água de amassamento se emprega um aditivo impermeabilizante de pega normal. A sua aplicação deverá ser precedida de chapisco de cimento e areia de igual traço, sem aditivos, e atingir uma espessura de 3 cm obtida em pelo menos 2 camadas.

4.3.2 Procedimentos

Aplicação da primeira camada de chapisco sem aditivo, aplicação da 1a. camada de argamassa aditivada, com espessura da ordem de 1,0 cm, comprimindo-a com a desempenadeira (sem sarrafear), de forma contínua. Aplicação de uma nova camada de chapisco. (Aplicação da segunda camada de argamassa), evitando a coincidência de emendas, defasando-as em pelo menos 50 cm (Figura 5). Aplicação de uma nova camada de chapisco. Aplicação da última camada de argamassa, com os mesmos cuidados das anteriores, procurando dar um melhor acabamento. O acabamento desta argamassa deve ser desempenado áspero. Sobre o sistema deverão ser aplicadas 2 demãos cruzadas com emprego de trincha de uma nata de cimento (cimento:água). A cura deste sistema deve se feita por saturação por pelo menos 7 dias consecutivos após a aplicação da última camada.

4.3.3 Controles de execução de argamassa impermeável

Deve-se tomar cuidado com o controle do traço e dosagem no campo, controle de camadas e espessuras das camadas, controle tecnológico da argamassa impermeável através de testes de resistência à compressão, controle de aderência de acordo com a NBR 8214.

Concluídos os serviços de impermeabilização proceder ao desligamento das ponteiras.

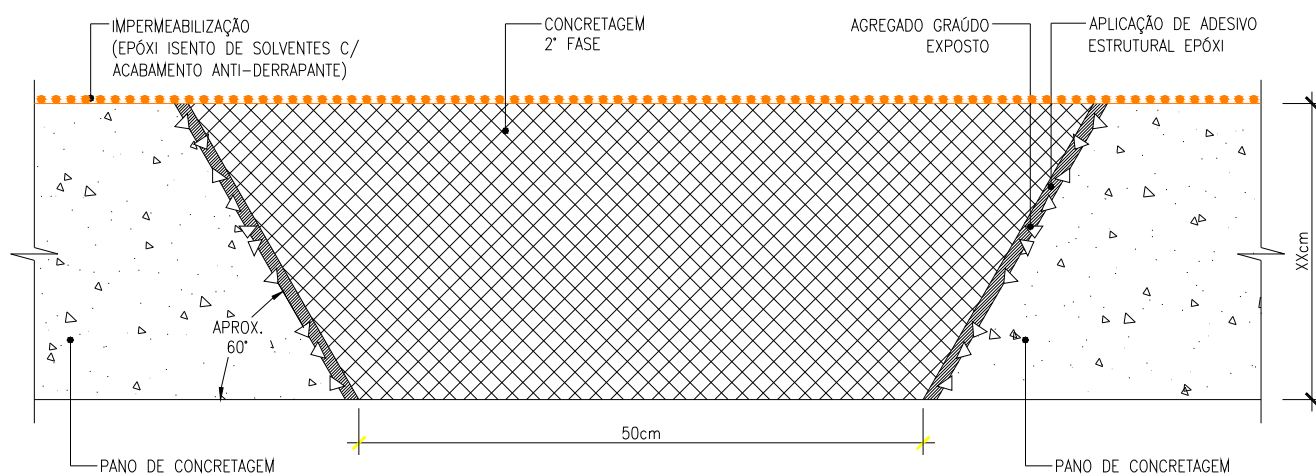


Figura 5 – Detalhe das emendas de concretagem

4.4 Análise do sistema com mantas asfálticas

O sistema de impermeabilização com manta asfáltica só pode ser realizado contra pressão positiva, ou seja, pelo lado externo da estrutura. A fim de que a execução possa ser executada de forma correta se faz necessário a especificação do projetista de estrutura tome como partido de fundação do terreno a laje tipo Radier. Isto se deve pela impossibilidade de arremates bem executados em armaduras passantes. Assim como o rebaixamento do lençol freático deve ser executado no lado externo da estrutura.

Existem três execuções de shopping centers no Brasil que adotaram como partido de fundação a laje tipo Radier e a impermeabilização pelo lado externo da estrutura. O resultado encontrado até os dias atuais é satisfatório. Contudo um caso no município do Rio de Janeiro onde o partido adotado de

fundação foi a sapata corrida, o resultado da impermeabilização não foi satisfatório. Neste empreendimento, caso houvesse algum problema com a impermeabilização, não seria possível a execução de arremates, e este ocorrido aconteceu. O problema foi solucionado com injeção de resina epóxi.

4.5 Patologias do concreto que comprometem os sistemas de impermeabilização

Os três casos mais encontrados na pesquisa realizada foram o problema da retração hidráulica ocasionando fissuras (Figura 6), o de defeitos de fôrma, brocas e emendas de concretagem, (Figura 7) e os defeitos de concretagem (Figura 8).



Figura 6 - Fissuras



Figura 7 – Brocas e emenda de concretagem



Figura 8 – Concentração do agregado

4.6 Importância do consultor na elaboração de um projeto de impermeabilização

Vários procedimentos devem ser tomados para que a execução da impermeabilização seja realizada da forma correta. Mas este processo se inicia com o estudo do consultor especialista de impermeabilização na análise do solo, da fundação adotada, do tipo de estrutura adotada, na execução do plano de concretagem e na preparação da superfície que receberá a impermeabilização.

Com todos estes dados é gerado um memorial descritivo com especificações e procedimentos a serem executados na obra.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8214 (ABNT)** - Arrancamento de azulejo, São Paulo, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9574 (ABNT)** - Execução de impermeabilização, São Paulo, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575 (ABNT)** Elaboração de projetos de impermeabilização, São Paulo, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9952 (ABNT)** - Mantas asfálticas com armadura para impermeabilização, São Paulo, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 (ABNT)** – Projeto e execução de obras de concreto armado, São Paulo, 2003.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos**. Editora LTC, Rio de Janeiro, 1987.

FUSCO, Péricles Brasiliense. **Estruturas de concreto: solicitações normais, estados limites últimos, teoria e aplicações**. Editora Guanabara. Rio de Janeiro, 1981.

ISCHAKEWITSCH, Georg Thomas. Projeto, acompanhamento e controle – Caminho da Qualidade. 1º CONGRESSO LATINO AMERICANO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 1995, São Paulo. **Anais ...** São Paulo, 1995. p. 43-63.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto**. Editora Pini, São Paulo, 1982.

PETRUCCI, Eladio Gerardo Requião. **Matérias de construção**. Editora Globo, Porto Alegre, 1980.

PINTO, César S. Dimensionamento de sistemas impermeabilizantes aderidos ou incorporados à estrutura. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 1986, São Paulo. **Anais ...** São Paulo, 1986. p. 341-353.

SILVA, Aloysio Manso. Composições epóxi em impermeabilização no Brasil. 8º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 1993, São Paulo. **Anais ...** São Paulo, 1993. p. 253-259.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de Souza. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de concreto**. Editora Pini, São Paulo, 1998.

www.xypex.com.br

www.denverglobal.com.br

www.viapol.com.br

6 AGRADecIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a UFF – Universidade Federal Fluminense e ao especialista em sistemas de impermeabilização e patologias do concreto Engenheiro Georg Thomas Ischakewitsch.