

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**VICTOR ALEXANDRE HENRIQUE SILVA SARAIVA**

**SISTEMA DE RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL DE CONCRETO  
ARMADO**

Rio de janeiro  
2015

VICTOR ALEXANDRE HENRIQUE SILVA SARAIVA

**SISTEMA DE RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL DE CONCRETO  
ARMADO**

Trabalho de conclusão para o Título de Pós-  
Graduação em Engenharia Civil pela  
Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Danielle Meireles de  
Oliveira

Rio de Janeiro  
2015

*À Deus.  
Aos meus pais.  
Aos meus avós  
A minha esposa  
Aos meus filhos  
Aos amigos.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por estar sempre presente em cada instante da minha vida e nunca desistir de mim, me mostrando que é necessário paciência e serenidade para superar todas as coisas e encontrar o melhor caminho.

Aos meus pais amados, pelo amor, carinho, amizade e por todos os momentos felizes. Agradeço pelo incentivo, pelas conversas e pela confiança para comigo.

A Professora Danielle Meireles de Oliveira por toda colaboração, compreensão, paciência e orientação disponibilizada para o desenvolvimento deste estudo.

Ao colega e amigo de trabalho Leonardo Gomes da Costa pelo incentivo, pela conduta responsável que possui no seu cotidiano e pelo apoio em momentos difíceis.

À todos vocês o meu sincero obrigado.

VICTOR ALEXANDRE HENRIQUE SILVA SARAIVA

SISTEMA DE RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL DE CONCRETO  
ARMADO

BANCA EXAMINADORA COMPOSTA PARA A DEFESA DE MONOGRAFIA PARA  
OBTENÇÃO DO GRAU DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA EM: \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

PROFESSOR ORIENTADOR: \_\_\_\_\_

PROFESSOR CONVIDADO \_\_\_\_\_

PROFESSOR CONVIDADO: \_\_\_\_\_

Rio de Janeiro

2015

## RESUMO

O trabalho de conclusão será de reforço estrutural com a apresentação de um estudo de caso. Reforço estrutural é o processo utilizado para solucionar diversas problemáticas originadas pelo desgaste do tempo, vícios de falhas na execução, ação de agentes químicos, ou ainda da alteração da destinação da estrutura que necessite de aumento de carga. Os tipos de reforços estruturais mais utilizados são o de encamisamento com grout ou concreto, manta de fibra de carbono e chapa metálica, para um reforço de uma estrutura com o aumento das seções resistentes das lajes. No empreendimento em questão foi feita uma reserva técnica de dois pavimentos por razões comerciais e para viabilização de um negócio foi necessária à execução do reforço. O reforço estrutural adotado foi em chapa metálica colada com resina epoxy na estrutura e chumbada ao concreto de forma a se obter um elemento monolítico com maior capacidade de carga. A escolha deste material foi devido ao prazo de execução e custo. Serão mostradas as características dos materiais, aço e resina, e os procedimentos executivos do reforço, da limpeza da superfície ao acabamento.

Palavras-Chave: Recuperação Estrutural, Carga, Chapa Metálica.

## **ABSTRACT**

The completion of work to be developed will be structural reinforcement with the presentation of a case study. Structural reinforcement is the process used to address several problems originated by the time wear , failure vices execution, chemical attack , or changing the allocation structure that requires increased load. The most used types of structural reinforcements are of casing with grout or concrete , carbon fiber mat and sheet metal , for reinforcing a structure with increased resistance of the slab sections . The enterprise in question was a technical reserve of two floors for commercial reasons and for the feasibility of a business was required to strengthen the implementation . The structural reinforcement sheet metal used was glued with epoxy resin in the structure and bolted to the concrete in order to obtain a monolithic element with higher load capacity . The choice of material was due to lead time and cost. The characteristics of the material will be displayed , steel and resin , and the strengthening of executive procedures , cleaning the finished surface.

Keywords : Structural Recovery, Load , Sheet Metal .

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Cantoneiras Aparafusadas .....   | 15 |
| Figura 2 – Fabricadas Com Perfis Do Tipo “ I” .....   | 16 |
| Figura 3 - Reforço de Concreto, Processo de Encamisamento .....   | 17 |
| Figura 4 – Modo De Ruptura Devido A Ruptura Prematura Pelo Desprendimento Do Reforço:<br>.....                                | 18 |
| Figura 5 - Exemplos de Perfis e Conector de Cisalhamento .....  | 19 |
| Figura 6 - Polimento de Concreto Acabamento Mecânico.....   | 21 |
| Figura 7 - Realização do Hidrojateamento de Areia .....   | 23 |
| Figura 8 – Escovação Manual .....   | 24 |
| Figura 9 – Apiconamento Mecânico. ....  | 25 |
| Figura 10 - Corte De Superfície De Concreto .....   | 26 |
| Figura 11 – Furos Em Concreto .....   | 27 |
| Figura 12 – Preparo de Superfície Para Argamassa .....  | 30 |
| Figura 13 – Estrutura Comum de uma Superfície de Concreto Danificada em Processo de<br>Lascamento e Corrosão de Armadura..... | 31 |
| Figura 14 – Estrutura Molecular de Algumas Resinas Epóxis.....  | 32 |
| Figura 15 - Grautes Para Preenchimento De Nichos De Ancoragem E Reparos Estruturais Em<br>Concreto.....                       | 33 |
| Figura 16 – Detalhe Da Forma Tipo “Cachimbo”? .....   | 35 |
| Figura 17 – Detalhe da Forma Tipo “Pressão” .....   | 35 |
| Figura 18 – Remoção do Concreto Excedente .....   | 36 |
| Figura 19 – Bicos Injetores De Perfuração.....  | 39 |
| Figura 20 – Bicos Injetores De Aderência.....   | 39 |
| Figura 21 – Equipamento Utilizado para/Injetar a Resina nos Bicos.....  | 40 |
| Figura 22 – Selagem de Fissura.....   | 41 |
| Figura 23 – Esquema Típico Do Grampeamento De Uma Laje.....   | 42 |
| Figura 24 – Reforço Em Concreto Com Armadura.....   | 44 |
| Figura 25 – Reforço com Chapa Metálica.....   | 45 |
| Figura 26 – Passa a Passo do Encamisamento Cad .....  | 47 |
| Figura 27- Reforço De Pilar Com Pfrc .....  | 49 |
| Figura 28 – Lixamento Da Estrutra De Concreto.....  | 51 |
| Figura 29 – Aplicação de Epoxi .....  | 51 |
| Figura 30 – Epoxi Usado .....   | 51 |
| Figura 31 – Fixação com parafusos.....  | 52 |
| Figura 32 – Sulcos .....  | 52 |
| Figura 33 – Armação .....   | 52 |
| Figura 34 – Forma .....   | 53 |
| Figura 35 – Reforço Finalizado .....  | 53 |

## **LISTA DE TABELAS**

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Classificação das Argamassas de Reparo Quanto ao Reparo, Aplicação e Profundidade do Sistema de Reparo. .... | 29 |
|--|----|

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>2 METODOLOGIA.....</b>   | <b>13</b> |
| <b>3 SISTEMA DE REPARO E REFORÇO .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>3.1 Reforço de Estruturas de Alvenaria.....</b>  | 14        |
| <b>3.2 Reforço de Estruturas de Madeira .....</b>   | 14        |
| <b>3.3 Reforço de Estruturas de Concreto Armado.....</b>                                      | 16        |
| <b>3.4 Reforço de Estruturas de Ferro Fundido e Estruturas de Aço .....</b>                   | 18        |
| <b>4 INTERVENÇÃO NAS SUPERFÍCIES DE CONCRETO .....</b>  | <b>20</b> |
| <b>4.1 Polimento .....</b>  | 20        |
| <b>4.2 Técnicas de Lavagem e Limpeza das superfícies de concreto .....</b>                    | 21        |
| 4.2.1 Utilização de soluções ácidas .....   | 21        |
| 4.2.2 Utilização de soluções alcalinas .....  | 22        |
| 4.2.3 Utilização de jatos de água e de areia .....  | 22        |
| 4.2.4 Utilização de jatos de vapor .....  | 23        |
| 4.2.5 Utilização de jatos de ar comprimido.....   | 24        |
| 4.2.6 Escovação Manual.....   | 24        |
| 4.2.7 Apicoamento .....   | 25        |
| 4.2.8 Jato de limalha de aço .....  | 25        |
| <b>4.3.Saturação .....</b>  | 26        |
| <b>4.4. Corte .....</b>   | 26        |
| <b>5 TÉCNICAS DE REPARAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO .....</b>                                | <b>28</b> |
| <b>5.1.Reparo com Argamassa.....</b>  | 28        |
| 5.1.1 Argamassa de Cimento e Areia.....   | 29        |
| 5.1.2 Argamassa Poliméricas .....   | 30        |
| 5.1.3 Argamassa Epoxídicas .....  | 31        |
| <b>5.2. Reparo com Graute .....</b>   | 32        |
| <b>5.3 Reparo com Concreto convencional .....</b>   | 34        |
| <b>5.4. Reparo com Concreto projetado .....</b>   | 36        |
| <b>5.5 Técnicas de Tratamento de Fissuras .....</b>   | 37        |
| 5.5.1 Técnica de Injeção de Fissuras.....   | 39        |
| 5.5.2 Técnica de Selagem de Fissuras.....   | 40        |
| 5.5.3 Costura de Fissuras (método do grampeamento) .....                                      | 41        |
| <b>6. REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.....</b>                                       | <b>43</b> |
| <b>6.1 Complementação ou Reforço com adição de armaduras .....</b>                            | 43        |
| <b>6.2 Reforço com aplicação de chapas e perfis metálicos.....</b>                            | 44        |
| <b>6.3 Reforço de pilares por meio de encamisamento com concreto de alto desempenho .....</b> | 46        |
| <b>6.4 Reforço de pilares com polímeros reforçados com fibra de carbono ( PFRC).....</b>      | 47        |
| <b>7. ESTUDO DE CASO .....</b>  | <b>50</b> |
| <b>7.1 Descrição da obra.....</b>   | 50        |
| <b>7.2 O Reforço .....</b>  | 50        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>8 CONCLUSÃO.....</b>                   | <b>54</b> |
| <b>9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b> | <b>55</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto armado vem se estabelecendo como o material estrutural mais utilizado no mundo, resistência e durabilidade são algumas de suas principais características, por isso ele é considerado um dos materiais mais importantes da engenharia estrutural.

Os antigos edifícios de alvenaria, danificados, muitas vezes, pelo tempo, e pelas intempéries, requerem sua reabilitação funcional que passa pela sua recuperação estrutural. Isto também acontece nas edificações mais novas devido ao mau estado de conservação e manutenção.

Outros casos de reabilitação de estruturas e mudança de utilização, os esforços se tornam necessários também nos casos de erros de projeto ou construção e alteração das normas.

Na execução de um projeto de reforço estrutural deve-se inicialmente diagnosticar o problema, verificar a viabilidade técnica e econômica do projeto, investigar o estado da estrutura, através de ensaios não destrutivos ou semidestruídos, considerando sua rigidez e redistribuição de cargas, selecionar a melhor técnica e os materiais a utilizar, projetar e calcular o reforço, e na sequência executar o trabalho com um rigoroso controle de qualidade.

Entre os principais métodos de reforço estrutural estão: o encamisamento da peça, a colagem de chapas metálicas por meio de resina epóxi, amplamente utilizado a partir de 1980 e, se bem executado, com ótimo desempenho de acordo com Ripper e Souza (1998); a utilização de compósitos reforçados com fibras de carbono (CRFC), o método mais moderno.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma sistemática que auxilie o engenheiro no projeto de reforço das vigas de concreto armado. O sistema permite uma análise rápida e eficaz da técnica utilizada no caso abordado neste presente trabalho.

A técnica escolhida de reforço estrutural com chapas metálicas chumbadas e coladas à superfície de concreto, não necessitam de mudanças consideráveis nas seções das peças.

As questões da Segurança e Higiene no Trabalho são cada vez mais reconhecidas como um fator importante, não só para os colaboradores das empresas, como também para as próprias organizações e seus detentores de capital, sendo uma garantia de redução dos riscos.

## **2. METODOLOGIA**

Este trabalho apresenta diferentes técnicas de recuperação e reforço de estruturas de concreto, com o objetivo de descrever as técnicas mais recentes e usuais na recuperação e reforço, com foco em utilização de chapas metálicas.

Para atender o objetivo proposto foi feita pesquisa e utilizado um estudo de caso pautados na revisão bibliográfica sobre o tema em questão, pesquisa em teses e dissertações em sites e revistas especializadas no assunto.

### **3. SISTEMA DE REPARO E REFORÇO**

Os Materiais que são utilizados em uma edificação estão propensos a necessidade de ações de reparo e reforço das estruturas. As situações que exigem tais condutas são: deterioração e danos causados após um longo período de uso ou no caso em que a estrutura manifestamente não possui características resistentes para o fim que lhe é exigido, devendo como tal ser reforçada.

#### **3.1 Reforço de Estruturas de Alvenaria**

Desde a antiguidade vem sendo largamente utilizada como forma de construção em habitações, monumentos e templos religiosos. Todavia, as construções em alvenaria eram dimensionadas empiricamente e a concepção estrutural era intuitiva. Com o aparecimento do concreto armado e aço estrutural no início do século a alvenaria se restringiu às construções de pequeno porte.

As alvenarias foram evoluindo e deixaram de ser pesadas, espezas e rígidas, tornaram-se delgadas e com processos de produção, mais industrializados. Atualmente, o reforço de estruturas de alvenaria leva em consideração ações verticais e também horizontais que podem estar relacionadas, por exemplo, por movimento das fundações, assimetria geométrica ou de carga. Esse reforço pode ser feito através de técnicas de uso do aço em diferentes tipos de intervenção entre elas:

- Recuperar a resistência da parede em torno de aberturas por meio de vigamento de aço
- Fixação da parede da fachada com seções de aço formando uma serie de anéis horizontais de vários níveis formando um feixe de níveis
- Inserção de colunas de aço novos em cavidades apropriadas
- Encamisamento das colunas de alvenaria com perfis verticais de aço

#### **3.2 Reforço de Estruturas de Madeira**

Quando se fala em recuperação e reforço de estrutura de madeira deve-se levar em conta duas categorias, relacionadas as condições de deterioração dos elementos estruturais. A

primeira categoria é a degradação existente que não afeta o desempenho estrutural da madeira, a segunda categoria envolve a restauração da capacidade de carga requerida para a estrutura de madeira, bem com a das condições iniciais.

Utilizando-se perfis de aço através de vários métodos construtivos é possível o reforço dessas estruturas, pode-se citar:

- Um par de perfis de seção “I” ou “U” podem ser posicionados, um de cada lado da viga em madeira sendo aparafusados através desta, ou então, através de placas soldadas nas mesas inferiores.
- Cantoneiras podem ser aparafusadas através de membros principais de madeira estendendo-se a aba inferior das mesmas.



Figura 1 – Cantoneiras Aparafusadas

Fonte : [http://www.ncrep.pt/static/7121\\_IMG\\_0743\\_2.jpg](http://www.ncrep.pt/static/7121_IMG_0743_2.jpg)

Em caso de estrutura de telhados se as vigas de madeira tiverem em boas condições e for necessária à sua exposição, estas podem ser reforçadas através de perfis “I” colocados na parte superior das mesmas e fixados por um sistema apropriados de conectores.



Figura 2 – Fabricadas Com Perfis Do Tipo “ I”

Fonte: [www.techne.pini.com.br](http://www.techne.pini.com.br)

Outras técnicas utilizadas para fazer recuperação e reforço em estruturas de madeira são: reforçar a estrutura com novas peças, dimensões e tamanhos semelhantes às originais ou utilizando o método adesivo com variações em resinas epoxy combinadas com peças metálicas para realizar o reforço.

### **3.3 Reforço de Estruturas de Concreto Armado**

Diferentes técnicas de reforço de estruturas têm sido empregadas na indústria da construção civil. Qualquer técnica adotada requer como pressupostos iniciais do projeto a identificação das possíveis soluções, de forma a obter um sistema coerente com o ambiente em que se insere a estrutura, respeitando-se o partido arquitetônico. Em muitas situações, o concreto se degrada naturalmente ao longo do tempo ou devido a ações externas e falhas de execução. Como elemento estrutural de suma importância para a segurança, o concreto deve ser devidamente recuperado.

Os tipos de reforços estruturais mais utilizados são o de encamisamento com grout ou concreto e a manta de fibra de carbono. O reforço estrutural com o processo de encamisamento, bastante difundido e utilizado, se fundamenta no aumento resistência das

peças de concreto armado com o aumento da seção geométrica e acréscimo de armaduras. A garantia de incorporação da seção de reforço a seção existente é condição indispensável.



Figura 3 - Reforço de Concreto, Processo de Encamisamento

Fonte: <http://wwwo.metallica.com.br/reforco-de-estruturas-de-concreto-armado>

O método do reforço com o uso de perfis metálicos configura-se como um dos métodos mais tradicionais, comumente usados em situações de emergência. Vigas e colunas de aço podem ser colocadas juntas ou sob as vigas de concreto existentes e fixadas na posição desejada com uma mistura feita de resina epóxi e argamassa.

Outro método de reforço com colagem de chapas de aço, externas à peça estrutural baseia-se em colar a chapa de espessura adequada através de adesivo e uso de parafusos auto-fixantes, criando uma armadura secundária solidária à peça estrutural.

É importante frisar que o fator fundamental para o sucesso do reparo, refere-se à necessidade de evitar a ruptura frágil do sistema, caracterizada pelo descolamento prematuro da chapa, ou pela ruptura conjunta do concreto do cobrimento da armadura e a chapa de aço, conhecida como “*peeling off*” ou descascamento da estrutura.

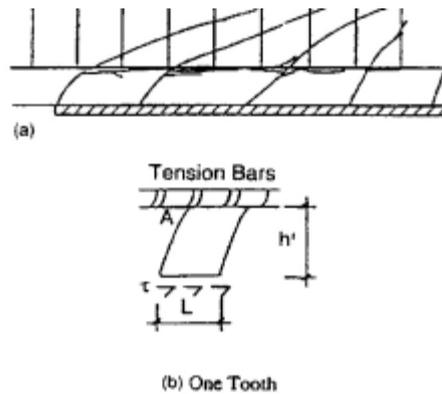


Figura 4 – Modo De Ruptura Devido A Ruptura Prematura Pelo Desprendimento Do Reforço:  
 (a) padrão de fissuras no concreto;  
 (b) comportamento de um dente individual no cobrimento do concreto  
 Fonte: RAOOF *et al.*, 2000<sup>a</sup>

Não se pode esquecer dos polímeros reforçados com fibras (“*fiber reinforced polymer*” - FRP) vem sendo utilizados no reforço de peças de concreto armado. Os materiais compósitos feitos com fibras de carbono (CFRP), vidro (GFRP) ou aramida (AFRP), em resina polimérica, têm sido empregados em construções de estruturas novas e em reforços de estruturas já existentes.

### 3.4 Reforço de Estruturas de Ferro Fundido e Estruturas de Aço

Metais ferrosos como o aço e o ferro fundido são de largo uso na fabricação de estruturas e outros componentes. Os metais apresentam a tendência natural de atingirem um estágio mais estável por meio da formação de um composto metálico. O processo espontâneo é a corrosão que é a reação do metal com componentes do meio considerado.

A resistência de estruturas existentes em aço ou ferro fundido deve ser considerada com relação aos padrões de carregamento da época da construção original. Para qualquer caso a ligação entre a nova estrutura e a existentes deve ser considerado tomando-se todos os cuidados necessários.

Algumas técnicas existentes são:

- Pode-se soldar placas entre as mesas para se formar seções caixa;
- Pode-se soldar placas na parte superior ou inferior das mesas;
- Pode-se soldar perfis “I” ou “H”, ou seções “T” nas mesas;

- Pode ser feita uma laje de concreto armado, a qual será unida a viga por conectores de cisalhamento apropriados, soldados a mesa superior para trabalho da viga mista, podem ser do tipo cantoneiras, perfis “T”, pinos, “perforbond”, etc.

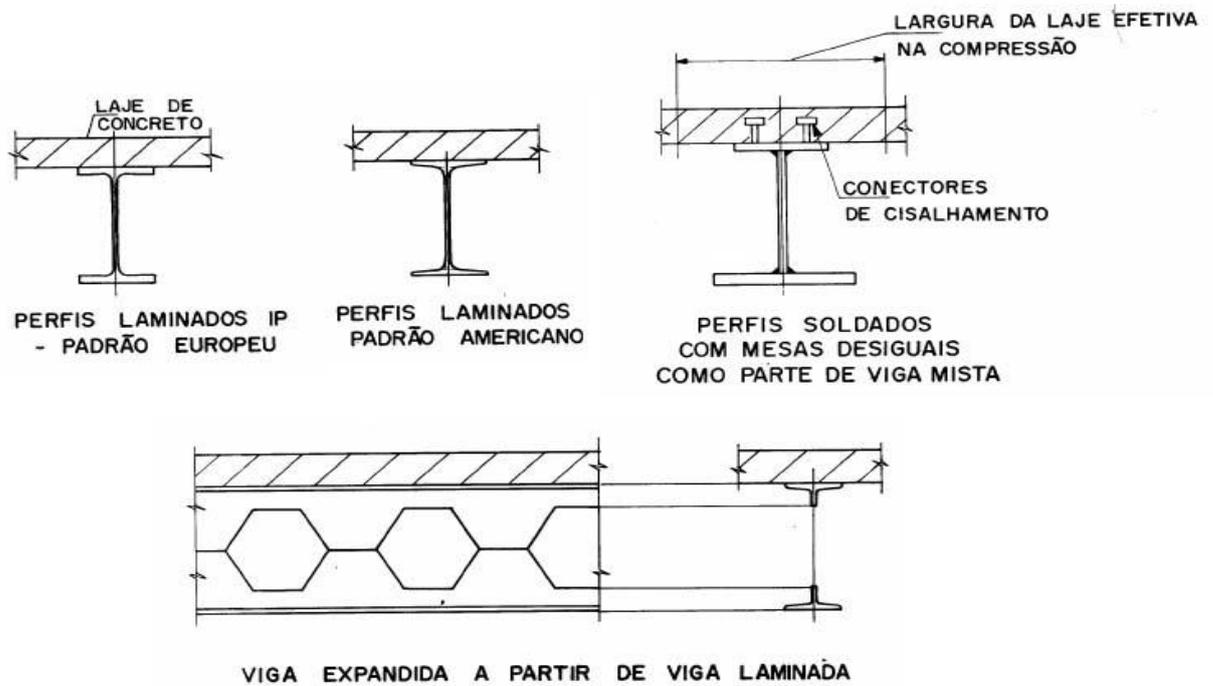


Figura 5 - Exemplos de Perfis e Conector de Cisalhamento

Fonte: [www.forumdaconstrucao.com.br](http://www.forumdaconstrucao.com.br)

## 4 INTERVENÇÃO NAS SUPERFÍCIES DE CONCRETO

Os tipos de processo e etapas necessários para o início dos trabalhos de recuperação e reforço das estruturas de concreto, visam primeiramente a preparação das superfícies que serão trabalhadas. Esses processos e etapas são:

- Polimento
- Lavagem e Limpeza da superfície
- Remoção de resíduos com uso de soluções alcalinas e ácidas
- Remoção de resíduos com uso de jatos de areia, vapor, água ou ar comprimido
- Escovação manual
- Apicoamento
- Saturação
- Corte de concreto

### 4.1 Polimento

O Polimento do Concreto é um processo mecânico que compreende um desgaste na superfície a ser polida. Lapidação e Polimento, em que se utiliza de ferramentas especiais, capazes de minimizar imperfeições superficiais e remover as camadas mais frágeis de Concreto.

Utiliza-se esta técnica de polimento, quando a superfície de concreto se apresenta muito áspera, devido à má execução da estrutura ou também ao desgaste natural do uso e do tempo.

O Polimento transformara o concreto em um piso de alto desempenho sem o uso de revestimentos tais como o Epoxi e Ceras ou Pinturas. O Concreto polido é resistente, coeso e liso (não escorregadio). As vantagens de um piso polido podem ser refletidas na redução de custos como na conta de luz e gastos com materiais de limpeza.

O processo de Polimento pode ser conseguido manualmente, pela ação enérgica de pedras de polir apropriadas, ou mecanicamente, com lixadeiras portáteis, ou, ainda, para grandes superfícies, através de recurso a máquinas de polir pesadas.

O Polimento do concreto exige pleno conhecimento da tecnologia, já que existe a necessidade de utilização de equipamentos apropriados e mão-de-obra especializada, além de

requerer cuidados especiais relativos à proteção ambiental e dos operários, pois implica sempre elevados graus de poluição sonora e atmosférica (grande formação de pó).



Figura 6 - Polimento de Concreto Acabamento Mecânico.

Fonte: lavpiso.blogspot.com.br

#### **4.2 Técnicas de Lavagem e Limpeza das superfícies de concreto**

São várias as técnicas de lavagem e limpeza de superfícies de concreto, algumas mais agressivas que as outras. Por este motivo deve ter consciência da melhor técnica em cada caso concreto de recuperação e sempre aumentar os cuidados com relação a soluções ácidas.

##### **4.2.1 Utilização de soluções ácidas**

A lavagem de superfícies por soluções ácidas tem por objetivo a remoção de tintas, ferrugens, graxas, carbonatos, resíduos e manchas de cimento, o que não seria garantido somente com lavagens a jato d'água.

Preliminarmente, a superfície deve ser abundantemente molhada, de forma a se prevenira penetração do ácido no concreto sadio. A aplicação deve ser sempre feita em pequenas áreas, de forma progressiva, por aspersão ou com a utilização de broxa, tomando-se todos os cuidados com a segurança e garantindo que o ambiente permaneça sempre ventilado.

A utilização de soluções ácidas é sempre perigosa para a saúde da camada superficial do concreto armado, e não deverá mesmo ser utilizada se a espessura de cobrimento das armaduras for reduzida, casos em que se deverá optar pelas soluções alcalinas.

Também não se deverá recorrer a este tipo de lavagem nas faixas vizinhas a juntas de dilatação ou a outros dispositivos suscetíveis de degradação, quando em presença do ácido.

Normalmente, e se um produto específico não for utilizado, a solução a ser empregada é a de ácido muriático - que é o ácido clorídrico comercial - em água, na proporção 1:6. Por se estar tratando da utilização de íons cloretos, e por se saber da facilidade com que estes atacam o concreto, deve-se estar particularmente atento às medidas de saturação prévia e lavagem posterior à aplicação do ácido, de forma a que, sejam removidas as partículas sólidas e os resíduos da solução utilizada.

A aplicação da solução é sempre vigorosa e só deve terminar quando cessar o “borbulhamento” característico da descontaminação. A lavagem final deve ser abundante, primeiramente com uma solução neutralizadora de amônia em água, na proporção 1:4, e depois com jatos de água natural. As soluções de ácido muriático em água são também muito utilizadas quando se pretende promover o desgaste de superfícies, de forma a torná-las mais rugosas.

#### 4.2.2 Utilização de soluções alcalinas

O propósito da utilização de soluções alcalinas para limpeza de superfícies de concreto é semelhante ao das soluções ácidas, apenas que com cuidados diferentes, próprios do agente. A necessidade de limpeza prévia e a forma de aplicação são similares, mas, se nestes casos não há maiores preocupações quanto à proximidade das armaduras, certamente elas existirão quanto à possibilidade sempre presente de alteração das características do concreto, particularmente no caso da existência de agregados reativos (reação álcalis-agregados).

Esta técnica requer também abundante lavagem posterior e não será particularmente ativa na limpeza de produtos provenientes de processos de corrosão. A técnica tem procedimento similar a técnica de utilização de ácidos, entretanto infere-se a importância da correta seleção da técnica a utilizar em função do objetivo que se pretende alcançar.

#### 4.2.3 Utilização de jatos de água e de areia

Jateamento de areia é uma forma muito eficiente usada por vários motivos na superfície de concreto. Ele pode ser usado para remover o concreto antigo para poder estabelecer o novo com melhores propriedades adesivas, ou pode ser usado para dar nova

textura para uma superfície de concreto, investigar o agregado utilizado na superfície de concreto, ou até mesmo utilizado para gravar um novo design na superfície usando um estêncil. Outra razão é apenas para remover a sujeira, detritos e outros contaminantes da superfície do concreto.

Os jatos são de água fria e muitas vezes são utilizados simultaneamente com os jatos de areia; no entanto, em determinadas situações - superfícies muito gordurosas ou com manchas de forte impregnação química - recorre-se a jatos de água quente, normalmente adicionando-se removedores biodegradáveis.



Figura 7 - Realização do Hidrojateamento de Areia

Fonte: [www.tintasanticorrosivas.com.br](http://www.tintasanticorrosivas.com.br)

#### 4.2.4 Utilização de jatos de vapor

A utilização de jatos de vapor destina-se a trabalhar as superfícies existentes, com a finalidade exclusiva de limpeza, ou como preparação para aplicação de material de reparação. A limpeza por aplicação de jatos de vapor é utilizada para preparação de grandes áreas, das quais se deseje remover impurezas minerais (sais) e orgânicas (graxas, óleos, tintas, pós), não sendo aplicável se a contaminação.

O equipamento de aplicação é semelhante ao dos jatos de água, exigindo, 110 entanto, caldeira para geração de vapor e mangueira protegida por recobrimento de amianto. O jato deve ser direcionado para os locais desejados.

#### 4.2.5 Utilização de jatos de ar comprimido

A utilização de jatos de ar comprimido é normalmente um trabalho complementar, a ser efetuado só nos casos em que o recurso apenas a jatos de água e areia não for suficiente.

A limpeza com jatos de ar comprimido é utilizada principalmente para a remoção da poeira e das partículas menores que ficam na superfície a ser recuperada, após os trabalhos de corte e apicoamento de concreto danificado, particularmente nos pontos de mais difícil acesso.

Outro trabalho que inclui exclusivamente o emprego de ar comprimido para limpeza, mas sem que seja propriamente jato, é o de aspiração, particularmente usado na limpeza de furos profundos no concreto, como, por exemplo, para a ancoragem de barras de armadura. Os jatos de ar comprimido, em conjunto com o sistema de aspiração, são também necessários para a limpeza e secagem de fissuras, antes da injeção das mesmas.

#### 4.2.6 Escovação Manual

É a técnica mais simples de limpeza. Utilizada em casos de pequenas extensões de barras de aço que estejam com evidência de corrosão ou mesmo que simplesmente careçam de limpeza para implemento de suas capacidades aderentes. Após a escovação deve tratar a superfície limpada com jato de ar comprimido.

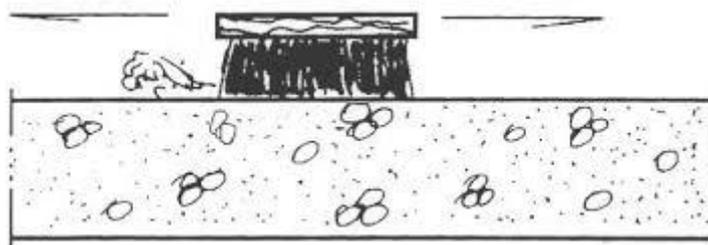


Figura 8 – Escovação Manual

Fonte: [www.civil.ist.utl.pt](http://www.civil.ist.utl.pt)

#### 4.2.7 Apicoamento

O apicoamento é um processo manual ou mecânico que utiliza o picão, ferramenta própria para desgastar pedras, através de impactos. Confere um aspecto furadinho ou poroso de textura uniforme. Aconselhado para áreas externas. O apicoamento é o desbastamento de uma peça de concreto - no caso, da superfície do pavimento - por processo manual ou mecânico. Podem ser usadas ponteiras, talhadeiras e marreta (processo manual) ou rebarbador eletromecânico e fresas (processos mecânicos). Admite-se que apicoar seja o ato de retirar a camada mais externa do concreto das peças estruturais, normalmente com o intuito de potencializá-las para a complementação com uma camada adicional de revestimento, em concreto ou argamassa, para aumento da espessura de cobertura das armaduras. Assim, as espessuras de apicoamento são, em geral, de até 10 mm.



Figura 9 – Apicoamento Mecânico.

[www.portaldosequipamentos.com.br](http://www.portaldosequipamentos.com.br)

#### 4.2.8 Jato de limalha de aço

O jato de limalha de aço aplicado sob pressão é uma alternativa viável, em alguns casos, ao jato de areia. É menos poluente do que aquele, mas bem mais abrasivo, não sendo aplicável, por exemplo, no caso de existência de armaduras expostas, já corroídas e com pequenos diâmetros, ou mesmo quando for necessário muito rigor no controle de superfície final do concreto, em termos de profundidade de desgaste. O equipamento é obviamente mais sofisticado, apesar de trabalhar dentro dos mesmos princípios básicos dos demais jatos.

### 4.3. Saturação

Trata-se de um processo exclusivamente preparatório de superfícies e que visa garantir melhor aderência das mesmas aos concretos ou às argamassas de base cimentícia que sobre elas serão aplicadas, como materiais complementares para restabelecimento ou alteração da geometria original das peças de concreto. O tempo de saturação é função do material que será aplicado sobre a superfície em preparação, devendo, em média, ser de 12 horas.

### 4.4. Corte

Os serviços de corte e furo de concreto são realizados quando há a necessidade de reparos na obra ou de alguma ampliação. É indicado para locais onde seja necessário preservar a estrutura remanescente e não seja permitido vibrações e emissão de ruídos.

O corte realizado nessas estruturas pode ser feito em substituição à demolição controlada. Ao cortar a parte do concreto determinada pelo projetista, a estrutura remanescente da obra - que não deve ser atingida - será preservada. Também pode-se optar por cortar parte do concreto quando é preciso fazer uma readequação de estrutura ou fundação.



Figura 10 - Corte De Superfície De Concreto

Fonte: [www.fbffuros.yolasite.com](http://www.fbffuros.yolasite.com)

Já o furo do concreto - na maioria das vezes - é necessário para criar a passagem de tubulação por lajes, vigas e pilares, entre outros sistemas prediais. Esse procedimento se torna uma boa alternativa nos casos de obras em que os projetos de tubulação hidráulica e elétrica não estão concluídos na hora de começar a concretagem.



Figura 11 – Furos Em Concreto

Fonte: [www.perfurare.com.br](http://www.perfurare.com.br)

O equipamento tradicional é um martelo demolidor, não tão leve quanto o utilizado para o apicoamento nem tão pesado quanto o de demolição, sendo o ideal que fique entre os 6 e os 10 kg, com ponteiro terminando em ponta viva. É fundamental e indispensável que o corte afete apenas o concreto degradado, sem ferir o concreto sã, o que seria contra a segurança e antieconômico. O corte deverá ir além das armaduras, em profundidade, pelo menos 2 cm ou o diâmetro das barras da armadura, devendo-se atender à mais desfavorável das situações, caso a caso.

A prática deste conceito requer muita atenção, pois exige cuidadosa observação, já que: um descuido, a não observação de uma película oxidada, por mais discreta que seja, e todo o serviço poderá ficar comprometido, com a retomada do processo contaminante; um exagero, corte a mais, e se estará a ferir indevidamente o elemento estrutural.

Em muitos casos, a extensão do corte não permitirá se assim for necessário, a recolocação de armaduras, sejam estas de complementação ou de reforço, por impossibilidade de observância dos comprimentos de ancoragem ou de emenda com a armadura existente. Para estas situações, é costume recorrer-se à execução de furos no concreto existente, onde serão imersas, em meios previamente cheios de epóxi ou grout ou as barras da armadura.

## **5 TÉCNICAS DE REPARAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO**

A recuperação de estruturas de concreto consiste na recuperação estrutural em áreas que apresentem manifestações patológicas, sendo sua finalidade restabelecer as condições de uso e prolongar a vida útil das estruturas. Para se recuperar estruturas de concreto é necessário:

- Diagnosticar o problema
- Definir as técnicas de reparo e reforço
- Preparar a área para recuperação
- Aplicar as técnicas de recuperação de concreto mais adequadas

Cabe lembrar que, antes de qualquer recuperação, devem ser identificadas e sanadas as causas. Caso isso não seja observado, corre-se o risco de acarretar corrosão em outros locais por haver criado mais descontinuidade na estrutura, além das que originalmente existiam.

### **5.1.Reparo com Argamassa**

Esta é uma técnica que pode ser utilizada tanto em reparos superficiais de qualquer tamanho em área quanto para pequenas profundidades, sendo importante manter sempre uma certa relação com a área. Segundo Souza e Ripper (1998) não deve atingir mais do que 5 centímetros.

Sua utilização é mais comum quando empregada para os casos em que camada de concreto de cobertura das armaduras está deteriorada, falhas de concretagem, as famosas “bicheiras”, recomposição de quinas quebradas e regularização de superfícies de lajes, entre outras.

O material a ser utilizado dependerá da natureza do serviço, das causas que o fizeram necessário e da finalidade do elemento estrutural. A argamassa a ser utilizada em reparos superficiais de concreto deverá ser definida, principalmente, em função da deterioração ocorrida, na qualidade final desejada e no custo.

A durabilidade é fruto de uma perfeita interação e compatibilidade entre as propriedades dos materiais de reparo e o substrato. Isto implica na obtenção de reparos

resistentes a tensões resultantes das modificações volumétricas de carga e de temperatura, sem que haja deterioração precoce.

| Tipo de Argamassas                  | Classificação                 |                    |                       |  |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|--|
|                                     | Quanto ao preparo             | Quanto à aplicação | Quanto à profundidade | Quanto às propriedades   |
| Base cimento                        | Tradicional                   | Manual             | Superficial           | Aderência / Retração   |
| Modificada com polímeros            | Industrializada               | Manual / Projetada | Superficial           | Boa aderência / Baixa permeabilidade / Resistência à compressão / Resistência à flexão |
| Argamassa e Graute base epóxi       | Industrializada               | Manual / Projetada | Superficial           | Boa aderência / Baixa permeabilidade   |
| Graute base cimento (Microconcreto) | Tradicional / Industrializada | Manual             | Profundo              | Boa aderência / Resistência à compressão / Retração                                    |
| Argamassa base poliéster            | Industrializada               | Manual             | Superficial           | Boa aderência / Baixa permeabilidade   |
| Argamassa sem retração              | Tradicional                   | Manual             | Profundo              | Retração compensada / Altas resistências iniciais                                      |

Tabela 1: Classificação das Argamassas de Reparo Quanto ao Reparo, Aplicação e Profundidade do Sistema de Reparo.

Fonte : Helene, 1992.

### 5.1.1 Argamassa de Cimento e Areia

Trata-se de uma argamassa comum de cimento, areia e água, geralmente confeccionada no traço 1:3 em volume e com fator água cimento de 0,45. Utilizada para preencher cavidades de profundidade superior a 2,5 centímetros, provocada pelo desgaste da estrutura. Ela pode ser aplicada diretamente sobre a superfície tratada, ou sobre uma ponte de aderência que pode ser epóxi, acrílica ou a base de PVA. a argamassa deve ser aplicada por faixas de no máximo 1 m de largura e com uma espessura máxima de 1 cm, para diminuir os efeitos da retração.

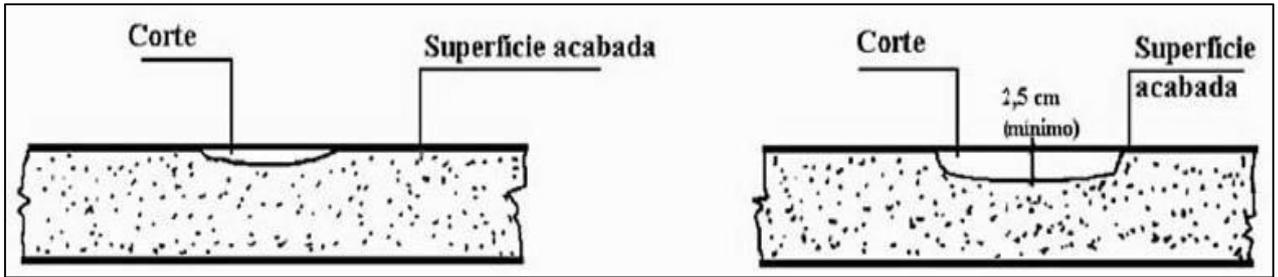


Figura 12 – Preparo de Superfície Para Argamassa

Fonte: [monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli100114879.pdf](http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli100114879.pdf)

### 5.1.2 Argamassa Poliméricas

As argamassas de cimento modificadas com polímeros são um importante recurso ao alcance da engenharia para recuperar e proteger as estruturas de concreto. São argamassas de cimento e areia, com adição de resinas sintéticas poliméricas e que permitem a redução da água da mistura mantendo a plasticidade, reduzindo a permeabilidade e aumentando a aderência. Estes aditivos podem ser de base PVA ou de base acrílica.

A formulação desse tipo de argamassa, na qual são adicionados polímeros acrílicos, permite que seja utilizada para revestir pisos e contrapisos, reparar e recuperar elementos estruturais e, inclusive, aplicação em áreas molháveis, aumentando a impermeabilidade do conjunto. Outra característica desse tipo de argamassa é sua tixotropia, ou seja, é uma argamassa que mesmo utilizada em pilares ou na face inferior de lajes não escorre.

Entre outras aplicações, as argamassas modificadas podem ser utilizadas na recuperação de estruturas de concreto sujeitas a grandes movimentações, tais como estádios, pontes, viadutos e lajes perimetrais e de cobertura; proteção do sistema de impermeabilização visando prevenir a carbonatação e corrosão das armaduras (exemplo na figura abaixo); como reforço de proteção de estruturas expostas à maresia e chuva ácida; em pisos industriais, garagens e rampas, como recurso para aumentar a resistência à abrasão; e finalmente, como camada de proteção contra exposição de agentes químicos, como nas estruturas das estações de tratamento de esgoto, tanques industriais de contenção, indústria sucroalcooleira, frigoríficos, laticínios e indústria petroquímica.

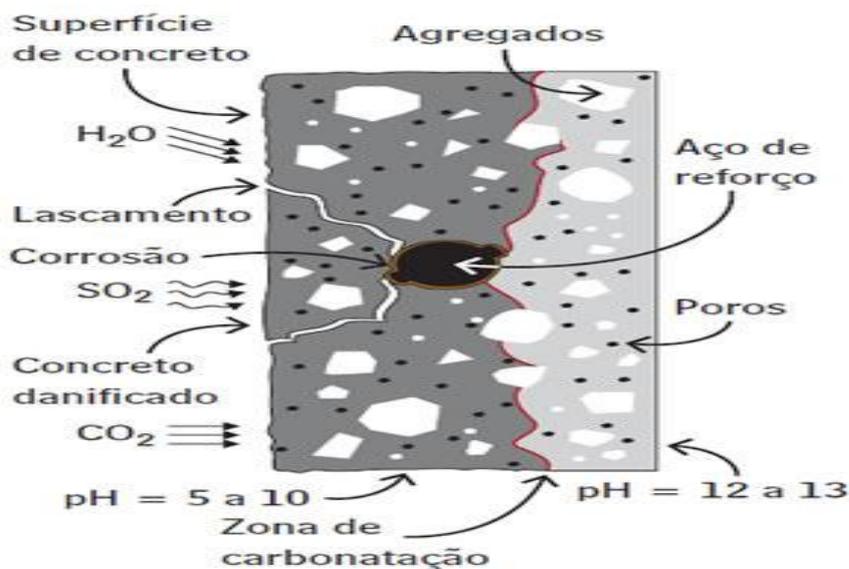


Figura 13 – Estrutura Comum de uma Superfície de Concreto Danificada em Processo de Lascamento e Corrosão de Armadura.

Fonte: [www.techne.pini.com.br](http://www.techne.pini.com.br)

Nem todos os polímeros atendem aos desempenhos citados. Portanto, além de serem compatíveis com os cimentos, os polímeros para adição nas argamassas devem ser formulados e ajustados para atender às exigências solicitadas em cada caso em particular.

### 5.1.3 Argamassa Epoxídicas

As argamassas epóxis são aquelas em que o aglomerante é uma resina epóxi. A epoxídica é composta de três componentes e utilizada em superfícies pequenas, pelo seu rápido tempo de cura, sendo que sua aplicação se consiste em duas etapas aplicando-se uma pintura da mistura da resina e do endurecedor e posteriormente aplicando-se a argamassa pressionando-a para garantir a perfeita aderência da argamassa ao concreto.

Possuem elevadas resistências mecânica e química, além de apresentarem excepcional aderência ao aço e ao concreto. A argamassa convencional com adesivo epóxi tem sua aplicação em superfícies grandes de reparos e semiprofundas, aplicando-se a resina sobre a superfície base, observando sempre o fato de que deve fluida no momento da aplicação da argamassa.

O termo epóxi refere-se a um grupo constituído por um átomo de oxigênio ligado a dois átomos de carbono. O grupo epóxi mais simples é aquele formado por um anel de três

elementos como o óxido de etileno cuja estrutura pode observar-se na abaixo. Os epóxis podem ser designados óxidos, como no caso do óxido de etileno (epoxietano).



Figura 14 – Estrutura Molecular de Algumas Resinas Epóxis

Fonte: [www.silaex.com.br](http://www.silaex.com.br)

Estes são os quatro tipos principais de resinas epóxi comercializados, que são:

- Resinas à base de Bisfenol A, podem ser líquidas, semi-sólidas ou sólidas dependendo do peso molecular;
- Resinas à base de Bisfenol F e/ou Novolac, propiciam as resinas maior encadeamento cruzado e melhor desempenho mecânico, químico e térmico, principalmente quando curado com aminas aromáticas ou anidridos;
- Resinas Bromadas, são resinas a base de Epicloridrina, Bisfenol A e Tetrabromobisfenol A, com essas quatro moléculas adicionais de bromo, confere às resinas a característica de auto-extinguível;
- Resinas Flexíveis, possuem longas cadeias lineares substituindo os bisfenóis por poliglicóis pouco ramificados, são resinas de baixa reatividade que normalmente são utilizadas como flexibilizantes reativos em outras resinas, melhorando com isto a resistência ao impacto.

## 5.2. Reparo com Graute

O graute é uma mistura de materiais, os mesmos utilizados para produzir concreto convencional, porém as diferenças estão no tamanho do agregado (mais fino, 100% passando na peneira 12,5 mm) e na relação água/cimento. Os materiais constituintes do graute são o cimento, areia, pedrisco e água. Segundo alguns autores, não se deve usar cimentos

modificados por pozolanas, pois são muito retentivos, ocasionando em uma maior relação água/cimento, com isso reduzindo a resistência.

Na literatura técnica em inglês, o termo grout é usado para definir uma argamassa ou um micro concreto fluido, utilizado para o preenchimento de um vazio. Já no Brasil, os engenheiros e o mercado de construção estabelecem diferenças muito claras entre uma argamassa e um graute.

Para que uma argamassa ou concreto seja considerado um graute é necessário que:

- Apresente consistência fluida, dispensando o adensamento;
- Atinja altas resistências iniciais e finais;
- Apresente expansão controlada.

Outras propriedades particulares de um determinado graute podem ser necessárias em função de cada tipo de aplicação. Este tipo de reparo é executado quando necessita de liberação rápida da estrutura, isso ocorre, pois a fluidez do graute permite que haja um preenchimento total da seção, sem a necessidade de adensamento. Além da alta resistência inicial que possibilita maior agilidade no processo de fixação de equipamentos, e rápida colocação da estrutura reparada ou reforçada em carga, maior agilidade no processo de fixação de equipamentos.



Figura 15 - Grautes Para Preenchimento De Nichos De Ancoragem E Reparos Estruturais Em Concreto

### 5.3 Reparo com Concreto convencional

O concreto convencional utilizado na maioria das obras civis deve ser lançado nas fôrmas por método convencional (carrinhos de mão, gericas, guas, etc). O concreto convencional é de consistência seca e a sua resistência varia de 5,0 em 5,0MPa, a partir de 10,0 até 40,0MPa. É aplicado em obras civis, industriais e em peças pré-moldadas.

Utiliza-se este tipo de reparo quando são identificadas falhas de concretagem “bicheiras” ou em estruturas deterioradas, sendo que neste último caso a extensão do reparo deve ultrapassar a seção do elemento estrutural, ou pelo menos que ele vá além das armaduras. Ou sua utilização se dá como uma solução de baixo custo, quando o reparo com concreto projetado não é aconselhável. Por motivos de necessidade de grandes volumes, o reparo com grautes e argamassas poliméricas resultariam em custos elevados para a obra.

Consiste na substituição do concreto defeituoso ou deteriorado por um outro de boa qualidade e que tenha a maior afinidade possível com o concreto base. O concreto de reposição deve ter, no mínimo, resistência igual à do concreto existente na estrutura, possuir granulometria e diâmetro máximo do agregado compatíveis com o serviço e apresentar uma trabalhabilidade conveniente, que poderá ser melhorada com o uso de aditivos fluidificantes.

Neste tipo de reparo há o uso de formas de madeira, observando que esta fôrma deve permitir a concretagem um nível acima do reparo, este procedimento garante o completo preenchimento do local reparado. A forma utilizada aqui deverá possuir uma abertura, por onde será realizada a concretagem, essa abertura é denominada “cachimbo” Após a retirada da fôrma, o concreto que fica protuberante no local da forma cachimbo deve ser cortado e regularizado junto à superfície do elemento estrutural.

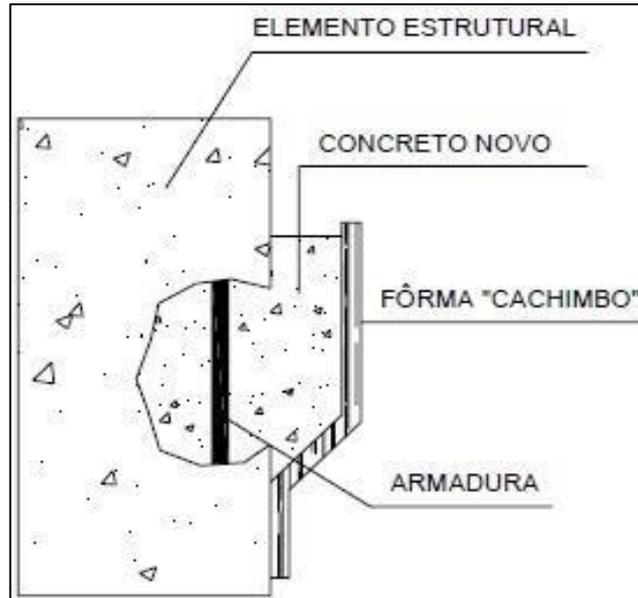


Figura 16 – Detalhe Da Forma Tipo “Cachimbo”?

Fonte: [monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli100114879.pdf](http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli100114879.pdf)

Para as vigas, o dispositivo que se assemelha ao cachimbo é o de “pressão”.

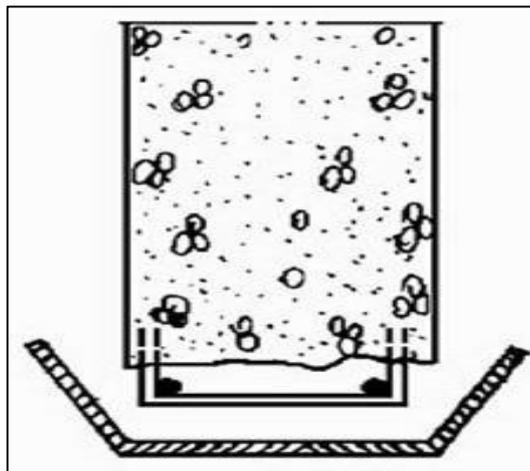


Figura 17 – Detalhe da Forma Tipo “Pressão”

Fonte: [monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli100114879.pdf](http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli100114879.pdf)

Após a retirada da forma, deve ser feito a regularização da superfície através de ponteiros e talhadeiras.

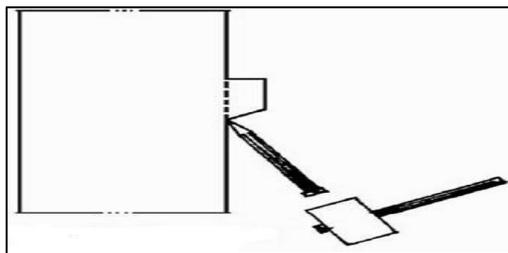


Figura 18 – Remoção do Concreto Excedente

Fonte: [monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli100114879.pdf](http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli100114879.pdf)

O fator principal de uma boa recuperação, utilizando o concreto como material reparador, é garantir a sua cura, devendo-se manter a superfície constantemente úmida durante 7 dias.

#### 5.4. Reparo com Concreto projetado

Concreto projetado, que é lançado por equipamentos especiais e em velocidade sobre uma superfície, proporcionando a compactação e a aderência do mesmo a esta superfície. São utilizados para revestimentos de túneis, paredes, pilares, contenção de encostas, etc. Este Concreto pode ser projetado por via-seca ou via-úmida, alterando desta forma a especificação do equipamento de aplicação e do traço que será utilizado.

Logo pode-se concluir que o concreto projetado é um processo de aplicação de concreto utilizado sem a necessidade de formas, bastando apenas uma superfície para o seu lançamento. É importante expor que a NBR 14026, diferencia concreto projetado de argamassa projetada. Concreto projetado é “Concreto com dimensão máxima característica do agregado maior ou igual a 9,5mm, transportado através de uma tubulação, projetado sob pressão sobre uma superfície, com compactação simultânea”. Portanto, a argamassa projetada é quando a dimensão máxima característica do agregado é inferior a 9,5mm.

O sistema consiste num processo contínuo de projeção de concreto ou argamassa sob pressão (ar comprimido) que, por meio de um mangote, é conduzido de um equipamento de mistura até um bico projetor, e lançado com grande velocidade sobre a base. O próprio impacto do material sobre a base promove a sua compactação, sem a necessidade do uso dos tradicionais vibradores, resultando em um concreto de alta compactidade e resistência.

Existem dois métodos de emprego do concreto projetado: via seca e via úmida. Por via seca, onde é feita uma mistura a seco de cimento e agregados, e posteriormente no bico

projektor, por uma entrada, é acrescido água que tem sua quantidade controlada pelo operador. Por via úmida, onde o concreto é preparado da forma comum, misturando-se na Câmara própria, cimento, agregados, água e aditivos, sendo essa mistura lançada pelo mangote até o bico projetor.

## 5.5 Técnicas de Tratamento de Fissuras

Uma edificação com o passar do tempo sofre uma gradativa deterioração dos materiais que compõem a estrutura das paredes e pilares, isto é evidenciado pelo surgimento de microfissuras, fissuras e trincas. Desta forma saber classificar suas diferenças é fundamental para achar formas de solucionar eventuais problemas relacionados com estas patologias construtivas.

Existem fatores que auxiliam no aparecimento destes problemas e podemos classificar da seguinte forma:

- Argamassa de assentamento de tijolos feita em traço incorreto;
- Areia com contaminação ou imprópria para uso em construção;
- Problemas estruturais;
- Ausência de zonas de dilatação na estrutura;
- Influência de épocas de verão muito intenso e ventos.

O objetivo principal do tratamento de estruturas fissuradas é criar uma barreira ao transporte de líquidos e gases nocivos para dentro das fissuras impedindo a contaminação do concreto e de suas armaduras, além de tirar o aspecto antiestético e de restabelecer a sensação de segurança da peça fissurada.

As fissuras são um tipo comum de patologia nas edificações e podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da obra. Tanto em alvenarias quanto nas estruturas de concreto, a fissura é originada por conta da atuação de tensões nos materiais. Quando a solicitação é maior do que a capacidade de resistência do material, a fissura tem a tendência de aliviar suas tensões. Quanto maior for a restrição imposta ao movimento dos materiais, e quanto mais frágil ele for, maiores serão a magnitude e a intensidade da fissuração.

As fissuras nas alvenarias são divididas de acordo com sua forma de manifestação, seu desenho, que pode ser geométrico ou mapeado. Essas duas classes são subdivididas, cada uma, entre fissuras ativas e passivas. As ativas ainda admitem uma nova subdivisão, em que podem ser sazonais ou progressivas. As geométricas (ou isoladas) podem ocorrer tanto nos elementos da alvenaria - blocos e tijolos - quanto em suas juntas de assentamento. As mapeadas (também chamadas de disseminadas) podem ser formadas por retração das argamassas, por excesso de finos no traço ou por excesso de desempenamento. No geral, elas têm forma de "mapa" e, com frequência, são aberturas superficiais.

As fissuras ativas (ou vivas) são aquelas que têm variações sensíveis de abertura e fechamento. "Se essas variações oscilam em torno de um valor médio - oscilantes - e podem ser correlacionadas com a variação de temperatura e umidade - sazonais -, então as fissuras, embora ativas, não indicam ocorrência de problemas estruturais", afirma Renato Sahade. Mas se elas apresentarem abertura sempre crescente, podem representar problemas estruturais, que devem ser corrigidos antes do tratamento das fissuras - que neste caso são chamadas de progressivas. As causas desses problemas devem ser determinadas por meio de observações e análise da estrutura. Por fim, as passivas (também chamadas de mortas) são causadas por solicitações que não apresentam variações sensíveis ao longo do tempo. E, por isso, podem ser consideradas estabilizadas.

Para a escolha da técnica e material a ser utilizado no tratamento deve-se atentar a um ponto importante no que diz respeito se a fissura está ativa ou não. Isso é importante, pois quando se têm fissuras ativas, ou seja, quando há variação de espessura devido à movimentação, deve-se apenas vedar as fissuras ou eventualmente preencher seus vãos com material elástico e não resistente, garantindo assim sua movimentação e protegendo o concreto de degradação.

O uso de material rígido e resistente é indicado para fissuras passivas, ou seja, estáveis, sem movimento. Este material tem a função tanto como de dispositivo protetor quanto de garantir o restabelecimento do monolitismo da peça estrutural. As fissuras também se diferenciam além de seu estado, ativo ou não, de acordo com o momento em que foram causadas, ou seja, se houve a formação durante o estado plástico do concreto armado, ou quando o mesmo já estava endurecido.

### 5.5.1 Técnica de Injeção de Fissuras

Injeção é a técnica que garante o perfeito enchimento do espaço formado entre as bordas de uma fenda tanto para restabelecimento do monolitismo da estrutura com fendas passivas quanto para vedação de fendas ativas.

Conforme apresentado por Takagi e Almeida Junior (2002) existem, basicamente, dois tipos de injetores: os injetores de perfuração e injetores de aderência, fabricados em peças metálicas ou plásticas.

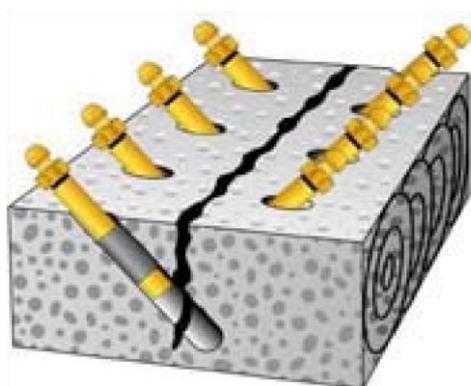


Figura 19 – Bicos Injetores De Perfuração

Fonte: [www.cbdb.org.br](http://www.cbdb.org.br)

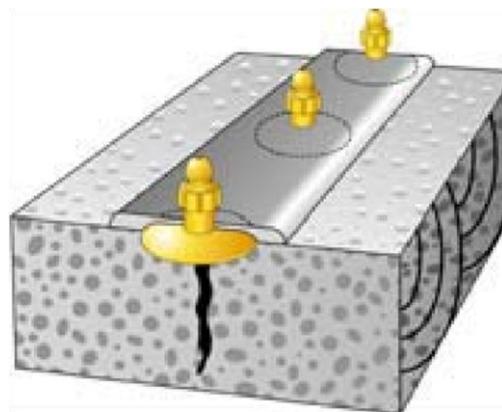


Figura 20 – Bicos Injetores De Aderência

Fonte: [www.cbdb.org.br](http://www.cbdb.org.br)

O procedimento de aplicação é simples e se baseia em perfurar a região da fissura em ângulos de 45° com o auxílio de furadeira e introduzir os bicos nestes furos e vedá-los com a própria resina a ser aplicada. A graduação da pressão de injeção é definida em função: dos resultados de ensaios prévios que permitam caracterizar a resistência e a permeabilidade da alvenaria e das tentativas durante a execução, começando por pressões muito baixas, avaliando os resultados obtidos (ou seja, a efetiva capacidade de compactação de vazios) e corrigindo iterativamente. Após esta etapa prepara-se a resina adequada ao tipo de patologia e usando as bombas de injeção aplica-se a resina pelos bicos injetores através de toda a extensão da fissura.

Este processo deve ser repetido quando se notar a existência de partes que não foram bem preenchidas pela resina. Deve-se aguardar a cura total da resina para utilização da estrutura de concreto.



Figura 21 – Equipamento Utilizado para Injetar a Resina nos Bicos

Fonte: [www.aecweb.com.br](http://www.aecweb.com.br)

### 5.5.2 Técnica de Selagem de Fissuras

Essa técnica é utilizada para vedar os bordos de fissuras ativas, utilizando um material que seja necessariamente aderente, resistente mecânica e quimicamente e que seja flexível o bastante para se adaptar a deformação da fenda. As fissuras com aberturas menores que 10 mm, seguira o mesmo método de selagem.

As fissuras com aberturas entre 10 mm e 30 mm, devem seguir o seguinte procedimento: primeiro a abertura na região da trinca de um sulco em formato de “vê” com profundidade e largura de aproximadamente 10 mm e 30 mm respectivamente, segundo Thomaz (1989, p.160); depois deve ser feita a limpeza do sulco para remoção de resíduos de pó; e por fim o enchimento da fenda sempre na mesma direção, com grout, e selando as bordas com produto à base de epóxi.

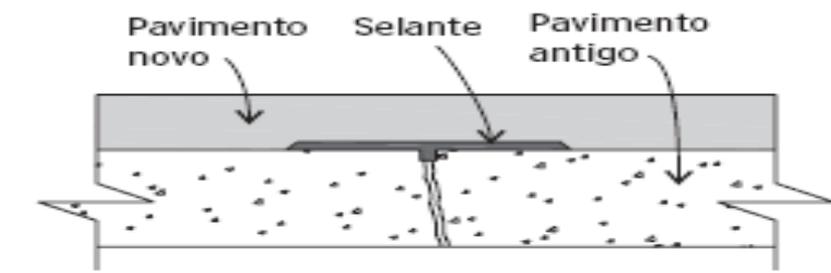


Figura 22 – Selagem de Fissura.

Fonte: [www.techne.pini.com.br](http://www.techne.pini.com.br)

As fissuras com aberturas maiores que 30 mm devem ser tratadas como se fosse uma junta de dilatação e os procedimentos a serem seguidos são: primeiro proceder a abertura de um sulco como descrito para aberturas entre 10 e 30 mm e posterior limpeza; depois fazer inserção de um cordão em poliestireno extrudado, ou de uma mangueira plástica, que terá como função além de um limitador da quantidade de selante a ser utilizado impedirá que o mastique venha a aderir ao fundo da fissura.

Quando se tem abertura muito grande também se pode proceder à colocação de juntas de neoprene, que deverão aderir aos bordos da fenda, devidamente reforçados, para garantir que o reparo seja efetivo, e não venha a fracassar justamente pela perda de aderência localizada, visto que nessa região localiza-se um concreto mais fraco, não só pelo contato com as fôrmas, na concretagem, mas também pela própria energia desprendida na abertura da fenda.

### 5.5.3 Costura de Fissuras (método do grampeamento)

A costura das fissuras (grampeamento) é indicada quando a laje de concreto possuir deficiências isoladas de capacidade de resistência á tração. Este método funciona como uma armadura a laje. As etapas desta técnica de costura são:

- Sempre que possível, descarregamento da estrutura, pois o processo em questão não deixa de ser um reforço;
- Execução de berços na superfície do concreto, para assentamento das barras de costura, incluindo, se a opção for ancoragem mecânica, a execução de furação no concreto para amarração das extremidades dos grampos;

- Se a opção for esta, injeção da fenda com resinas epoxídicas ou cimentícias, fazendo a selagem a um nível inferior ao berço executado;
- Colocação dos grampos e complementação dos berços executados com o mesmo adesivo utilizado para selagem;
- As fendas devem ser costuradas nos dois lados das peças, se for o caso de se estar lidando com peças tracionadas.

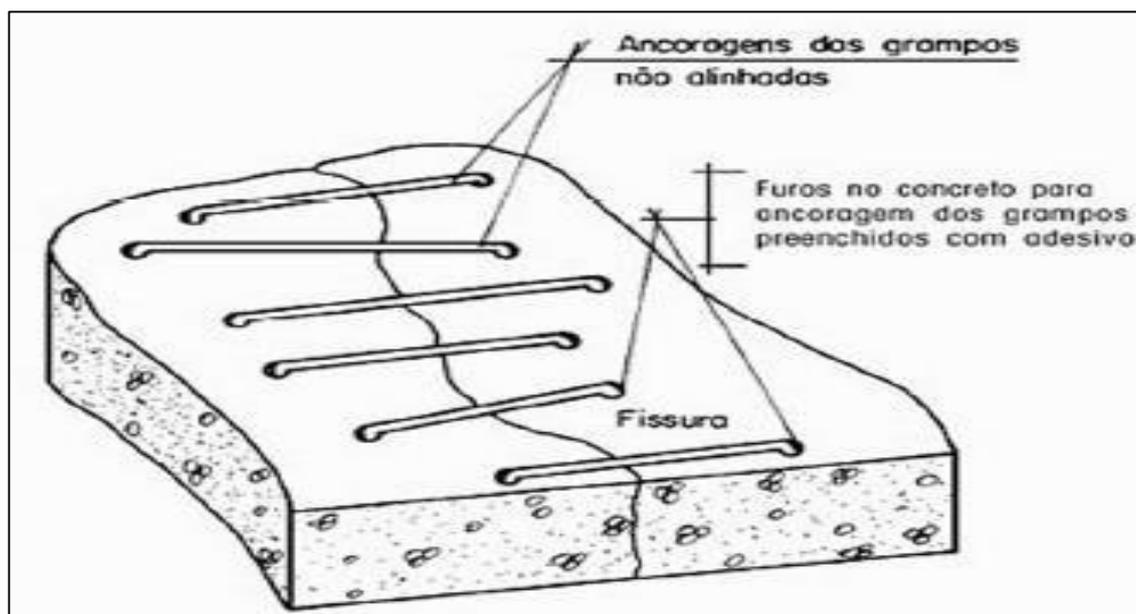


Figura 23 – Esquema Típico Do Grampeamento De Uma Laje

Fonte: [monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli100114879.pdf](http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli100114879.pdf)

Segundo Souza e Ripper (1998, p. 126) “a técnica é de discutível aplicação... pois aumenta a rigidez da peça localizadamente, e se o esforço gerador da fenda continuar, com certeza produzirá uma nova fissura em região adjacente”.

Para que estes efeitos tenham sua proporção diminuída, deve-se tomar o cuidado de dispor os grampos de forma a não provocar esforços em linha, ou seja, eles devem ser colocados com inclinações diferentes.

## **6. REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

Em muitas situações, o concreto se degrada naturalmente ao longo do tempo ou devido a ações externas e falhas de execução. Como elemento estrutural de suma importância para a segurança, o concreto deve ser devidamente recuperado.

Os motivos pelos quais são necessários trabalhos de reforço em uma estrutura de concreto ou em um de seus elementos estruturais são os seguintes: correção de falhas de projeto ou de execução; aumento da capacidade portante da estrutura, para permitir modificações em seu uso; regeneração da capacidade portante, diminuída em virtude de acidentes (choques, incêndios, etc.).

O projeto de reforço deve levar em conta uma série de fatores, entre os quais a concepção original da estrutura, sua história, os defeitos ou as novas exigências e a disponibilidade de mão-de-obra e de materiais, mas, antes de tudo, ele dependerá da formação técnica e da criatividade do projetista, devendo, portanto, ser confiado apenas a profissionais especializados em trabalhos desta natureza.

### **6.1 Complementação ou Reforço com adição de armaduras**

Talvez esta seja uma das primeiras formas de se pensar no reforço de estruturas de concreto armado: a incorporação de mais barras de aço e de concreto, quer seja para o reforço ao momento fletor, quer seja para o reforço ao esforço cortante. No caso do momento fletor existem algumas maneiras de se executar o reforço. Uma delas é retirar o concreto da parte inferior da viga até descobrir os estribos, posicionar novas barras longitudinais e soldar complementos ao estribo original. Em seguida, colocam-se fôrmas para que se possa proceder a concretagem, desta maneira, se está aumentando significativamente a altura da viga, o que nem sempre é possível.

Uma outra maneira, é abrir sulcos na parte inferior da viga e inserir novas barras de aço ao lado das barras originais. É um serviço bastante trabalhoso devido à presença dos estribos, devendo-se tomar cuidado com o espaçamento entre as barras longitudinais.

A emenda entre uma barra de reforço ou de recuperação e a existente assume ainda maior importância do que nos casos de uma construção nova, porque deverá contemplar a necessidade de ocupar o menor comprimento. Nem sempre existirá a possibilidade de soldagem, que dependerá do tipo de aço das armaduras existentes. Se forem estruturas novas, é muito grande a probabilidade de serem aços cujas características não recomendem o recurso

à solda. Se a solda for possível, implicará que a armadura de complementação também seja do mesmo tipo.

É importante destacar que o concreto é o responsável por manter um ambiente alcalino que protege o aço contra a corrosão, e no reforço isto não é diferente. Garantir o cobrimento e a qualidade do concreto para que a armadura esteja protegida é fundamental. Além disso, é importante destacar que a armadura adicional é um empecilho a mais para o adensamento do concreto, que deve ser feito procurando-se não deixar vazios. Cabe lembrar a importância com a ancoragem das barras nas extremidades das vigas e com as emendas das mesmas, quando for o caso. É imprescindível se proceder a cura do concreto quer seja por via úmida, quer seja utilizando-se produtos químicos especiais.



Figura 24 – Reforço Em Concreto Com Armadura

Fonte: [www.techniques.com.br](http://www.techniques.com.br)

## 6.2 Reforço com aplicação de chapas e perfis metálicos

Quando se trata de adicionar capacidade resistente, uma opção muito eficiente e de rápida execução, recomendada principalmente para situações que requerem emergência ou não permitem grandes alterações na geometria das peças, é a do reforço exterior por colagem - ou chumbamento - de chapas metálicas ou por chumbamento de perfis, com ajuda de resinas

injetadas. As chapas podem ser adicionadas tanto para aumentar ou restaurar a resistência ao momento fletor como a resistência ao esforço cortante.



Figura 25 – Reforço com Chapa Metálica

Fonte: [WWW.techniques.com.br](http://WWW.techniques.com.br)

Podem ser do tipo:

- Reforço com duas chapas laterais, este reforço consiste em duas chapas acopladas nas laterais da viga (mesmo tipo usado na calibragem).
- Reforço com chapa na base, este tipo de reforço consiste em uma chapa acoplada na base da viga.
- Reforço com perfil U, este tipo de reforço consiste em um perfil U envolvendo por completo a base e as laterais da viga.
- Reforço com perfil U à parcial, este tipo de reforço similar ao anterior, porém envolvendo apenas metade da altura da viga.
- Reforço com perfil T invertido, este tipo de reforço requer um corte no meio da viga no sentido longitudinal, onde se encaixa a alma de um perfil T, cuja mesa se acopla na base da viga reforçada.

Assim como no caso anterior, é preciso tratar adequadamente a superfície do substrato, promovendo uma rugosidade que melhore a aderência do substrato ao metal de reforço. É importante corrigir quaisquer irregularidades na superfície do concreto na qual será colada a chapa. A superfície de concreto deve estar plana.

As chapas metálicas a serem aderidas ao concreto também devem ser tratadas com jato de areia ou lixadas de forma a se conseguir a rugosidade necessária para que se promova uma boa aderência metal-substrato. Além disso, devem estar isentas de gordura, o que pode ser feito limpando-as com acetona ou tricloroetileno. Se esta limpeza não for feita imediatamente antes da fixação da chapa, é importante proteger a superfície a ser colada.

### **6.3 Reforço de pilares por meio de encamisamento com concreto de alto desempenho**

Hoje em dia existem pesquisas referentes à utilização de concreto de alto desempenho para reforço de pilares de concreto armado. As principais características do reforço por encamisamento de concreto de alto desempenho(CAD) são: alta resistência; baixa tenacidade do material ;espessura de camisa relativamente pequena devido às características acima citadas.

Sistema para reforço estrutural mais utilizado, o método evoluiu muito depois que se passou a utilizar concreto e argamassa projetada. Além disso, em alguns casos, empregam-se compostos de concreto e polímeros, particularmente em ambientes suscetíveis a ataques químicos.

Após aliviar a carga do pilar existente, toda a superfície deve ser apicoada para remoção da nata de cimento e da camada de concreto superficial. O objetivo é obter uma base que facilite a aderência entre o material remanescente e o de recomposição. Se concreto e armadura apresentarem danos e corrosão, os focos devem ser tratados antes da execução do reforço. Isso pode ser feito com a retirada do concreto danificado, aplicando tinta com ânodo de sacrifício na armadura e preenchendo a superfície vazada com argamassa especial.

A seguir é aplicada uma armadura de reforço. Em especial nos casos em que envolve o pilar, não é necessário utilizar ponte adesiva. Isso porque a retração do novo concreto proporcionará tensão suficiente para obtenção de aderência mecânica. Antes de inserir as fôrmas e iniciar a concretagem, recomenda-se lavar toda a superfície do pilar com jato de água para a retirada de pó e saturação da peça.

Quando existir tendência de punção, o aconselhável é a execução de um capitel em torno do pilar e/ou alargamento de base sob ou sobre a laje. Outra instrução: antes de iniciar a concretagem, deve-se cortar uma abertura de cerca de 10 cm de diâmetro na laje do teto, sem seccionar a armação. Na sequência, colocam-se as fôrmas vedando-se as juntas.

Lançar o concreto por meio de um tubo de PVC de aproximadamente 100 mm de diâmetro, em camadas de 0,50 m. O adensamento pode ser feito com vibrador de 1" e frequência mínima de 3 mil vpm. Após a retirada das fôrmas, e depois que o concreto estiver curado, pode-se aliviar os macacos, para, enfim, usar o pilar reforçado em carga plena.



Figura 26 – Passo a Passo do Encamisamento CAD

Fonte: [www.techne.kubbix.com](http://www.techne.kubbix.com)

#### 6.4 Reforço de pilares com polímeros reforçados com fibra de carbono ( PFRC)

A facilidade e rapidez na instalação fazem com que seja adequado para obras com prazos de execução curtos, em estruturas em funcionamento e em serviços que requeiram limpeza, como hospitais e indústrias químicas. No entanto, a manta de carbono pode custar até 50% a mais que os métodos tradicionais.

OS polímeros reforçados com fibras de carbono (PRFC), têm sido utilizados largamente nas indústrias aeronáutica, aeroespacial e automobilística a um certo tempo, sendo que na construção civil ele teve seu desenvolvimento tecnológico no Japão devido à

ocorrência do terremoto que abalou a cidade de Kobe na metade da década de 90. Esse fato fez com que as autoridades japonesas reforçassem as construções existentes, principalmente as estruturas do sistema viário, como pontes e viadutos, utilizando essa técnica.

Todas as superfícies do pilar devem ser esmerilhadas para a retirada de argamassas e pinturas da superfície e para cortar a carbonatação superficial, visando melhor ancoragem do primer. Caso haja locais no concreto existente que apresentem danos, os pontos localizados, assim como os focos de corrosão das armaduras, devem ser tratados antes da execução do reforço. Deve ser feita, também, uma retirada rigorosa do pó

Em seguida, aplica-se um primer compatível com os materiais de contato. Uma alternativa é utilizar resina fluida à base de epóxi (com alto teor de sólidos), como ponte adesiva. Logo depois a superfície deve ser regularizada com resina epóxi em pasta. Isso pode ser feito com uma desempenadeira ou com um rodo. Após a polimerização da camada de regularização aplicar a primeira camada da cola epóxi.

Cola-se a manta de carbono previamente dimensionada. Em pilares, a fibra pode envolver completamente a peça configurando um cintamento e aumentando a resistência à compressão do concreto. Melhores resultados são obtidos em seções circulares, mas o recurso serve também para seções retangulares, desde que as arestas sejam ligeiramente arredondadas.

Uma vez inserida a manta de carbono, deve ser aplicada uma segunda camada de resina fluida à base de epóxi. Dependendo da necessidade de desempenho, podem-se utilizar diversas camadas de fibra de carbono. Nesse caso, todo o procedimento deve ser repetido (primer-resina-manta-resina). Depois disso, finalmente, a superfície estará pronta para receber acabamento com tinta protetora e de efeito estético.



Figura 27- Reforço De Pilar Com PFRC

Fonte: [www.techne.kubbix.com](http://www.techne.kubbix.com)

## **7. ESTUDO DE CASO**

### **7.1 Descrição da obra**

Como estudo de caso, foi escolhida a obra de um prédio que por questões comerciais foi realizada uma reserva de dois pavimentos cujos andares são o sexto e o sétimo, equivalentes ao primeiro e o segundo tipo, destinados ao funcionamento de uma academia de ginástica de grande porte.

Este empreendimento necessita segundo a NBR 6120:1980 de reforço estrutural devido à sobrecarga sendo de 500 kgf/m<sup>2</sup>, para academias. Vale ressaltar que o projeto das demais salas comerciais de tal prédio prevê 200 kgf/m<sup>2</sup>, justificando assim a necessidade do reforço por chapas metálicas com técnica de chumbamento ou colagem de perfis no teto e com reforço do piso com adição de armaduras.

No presente caso o reforço levou em consideração também a intervenção para a instalação de escada e elevador. Por se tratar de academia de ginástica, a boa prática de Engenharia mostra que, independente da possibilidade de haver ressonância, é recomendável a utilização de pisos e revestimentos que sejam capazes de mitigar as vibrações causadas por cargas dinâmicas, não sendo a responsabilidade da absorção destes efeitos única e exclusivamente da estrutura.

### **7.2 O Reforço**

O projeto de reforço estrutural com solução em chapas metálicas coladas na estrutura existente, e em aumento de seção utilizando aço CA-50, contempla a parcela do carregamento que a estrutura anterior não era capaz de absorver, sendo o total da sobrecarga de 500kgf/m<sup>2</sup>, nos pavimentos em questão. Além da verificação para o ELU (Estados Limites Últimos), também foi feita a verificação para o ELS (Estados Limites de Serviço), onde tivemos deformações dentro dos critérios estabelecidos pelas normas vigentes, mesmo com o aumento da carga.

O processo de reforço com chapas metálicas inicia-se com o lixamento da areia a ser reforçada e a limpeza de resíduos desta etapa. Em seguida, posicionam-se as chapas metálicas nos locais estratégicos para o reforço, fazendo a aderência da mesma com resinas epóxis e fixando as chapas com parafusos, conforme figuras abaixo:



Figura 28 – Lixamento Da Estrutura De Concreto.

Fonte: SOTER, Stilo Shopping e Offices

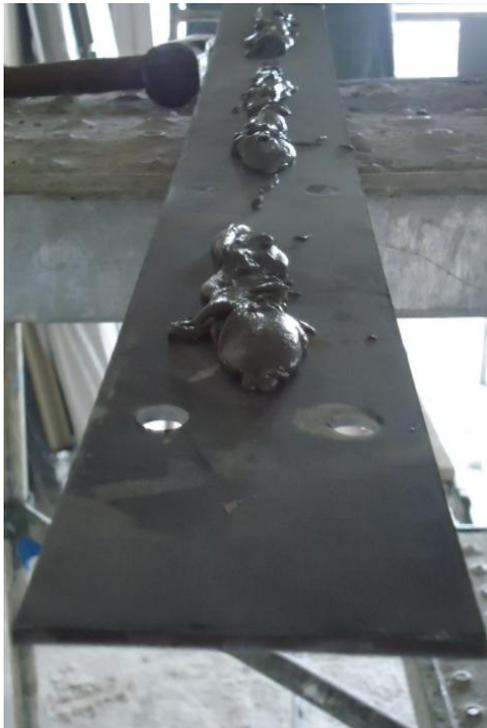


Figura 29 – Aplicação de Epoxi

Fonte: SOTER, Stilo Shopping e Offices



Figura 30 – Epoxi Usado

Fonte: SOTER, Stilo Shopping e Offices



Figura 31 – Fixação com parafusos.

Fonte: SOTER, Stilo Shopping e Offices

Este estudo de caso prevê também o reforço das lajes, nos capitéis em torno dos pilares. O processo inicia-se abrindo sulcos na parte inferior da viga e inserindo novas barras de aço acima das barras originais.



Figura 32 – Sulcos

Fonte: SOTER, Stilo Shopping e Offices



Figura 33 – Armação

Fonte: SOTER, Stilo Shopping e Offices

Na sequência é feita a forma onde será despejada a argamassa graute, finalizando o processo de reforço do caso concreto.



Figura 34 – Forma

Fonte: SOTER, Stilo Shopping e Offices



Figura 35 – Reforço Finalizado

Fonte: SOTER, Stilo Shopping e Offices

## 8 CONCLUSÃO

Diante do exposto pode-se observar que são muitos os problemas que ocorrem nas estruturas assim como são variadas as necessidades de reforço. A correta escolha da técnica a ser utilizada em um reforço ou recuperação estrutural, é que vai garantir o sucesso do trabalho.

Este trabalho teve como principal objetivo expor técnicas de recuperação e reforço, dando maior enfoque ao reforço com chapas metálicas. O reforço com chapas coladas pode ser eficaz do ponto de vista de incremento da resistência. É uma técnica de rápida execução, com campo de aplicação essencialmente em vigas e lajes, principalmente no reforço face a flexão simples.

Conclui-se com este trabalho que existem várias técnicas e procedimentos para se adotar num reforço ou recuperação, e que a cada dia são desenvolvidas novas técnicas e até mesmo aperfeiçoadas as já existentes. O que faz com que este assunto não possa ser esgotado apenas no presente trabalho.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAIATE J., COSTA, R. **O reforço de vigas de betão armado com chapas**

APMTAC, Portugal, 2004. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 e 6120: projeto de estruturas de concreto – procedimento**. 2014.

C S, <http://www.silaex.com.br/epoxi.htm>, acessado em 15 de dezembro 2015.

CAMPOS, LUIZ EDUARDO TEIXEIRA. **Técnicas de Recuperação e Reforço Estrutural com Estruturas de Aço**. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

COSTA, VICTOR M. A, **Argamassa De Reparo Para Uma Estrutura De Concreto Carbonatado**, Belém – Pa 2013

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, e reforço de estruturas de concreto – 2ª ed.** – São Paulo: Pini, 1992.

MACHADO, ARI DE PAULA, 2002, “**Reforço de Estruturas de Concreto com Fibras de Carbono** – Características, dimensionamento e aplicação”, Editora PINI.

**metálicas coladas com resina**. Métodos Computacionais em Engenharia.

PEREIRA, FÁBIO SÉRGIO DA COSTA, <http://wwwo.metlica.com.br/reforco-de-estruturas-de-concreto-armado>, acessado em 15 de dezembro de 2015.

SILVA JUNIOR, J.Z.R. **Argamassa de Reparo Estrutural, Dissertação de Mestrado**. São Paulo, USP, 2001.

SOUZA, V.C.M; RIPPER, T. “**Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**”. 1.ed. São Paulo: Pini, 1998”.

GONÇALVES, EDUARDO ALBUQUERQUE BUYS, **Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificação**, UFRJ, 2005