

1. INTRODUÇÃO

1.1. O FOGO

História

O fogo foi a maior conquista do homem pré-histórico, ao bater pedra com pedra, gerava-se pequenas faíscas que, junto com materiais combustíveis, no caso, gravetos e folhas secas, iniciava-se pequenas fogueiras. Ao seu redor, e graças ao seu calor, tem vivido centenas de gerações. A partir desta conquista o homem aprendeu a utilizar a força do fogo em seu proveito, extraíndo a energia dos materiais da natureza ou moldando a natureza em seu benefício. O fogo serviu como proteção aos primatas, afastando os predadores. Depois, o fogo começou a ser empregado na caça, usando tochas rudimentares para assustar a presa, encurralando-a. No inverno e em épocas gélidas¹, o fogo protegeu o ser humano do frio mortal. O ser humano pré-histórico também aprendeu a cozinhar os alimentos em fogueiras, tornando-os mais saborosos e saudáveis, pois o calor matava as muitas bactérias existentes na carne.

O fogo também foi o maior responsável pela sobrevivência do ser humano e pelo grau de desenvolvimento da humanidade, apesar de que, durante muitos períodos da história, o fogo foi usado no desenvolvimento e criação de armas e como força destrutiva.

Na Idade Média, os alquimistas acreditavam que o fogo tinha propriedades de transformação da matéria alterando determinadas propriedades químicas das substâncias, como a transformação de um minério em ouro.

¹ *extremamente frio; gelado, glacial.*

Definição

Chama-se de fogo o resultado de um processo exotérmico de oxidação.

Geralmente, um composto orgânico, como o papel, a madeira, plásticos, gás de hidrocarbonetos, gasolina e outros, suscetíveis a oxidação, em contato com uma substância comburentes, como o oxigênio do ar, por exemplo, ao atingirem a energia de ativação, também conhecida como temperatura de ignição entra em combustão. A energia para inflamar o combustível pode ser fornecida através de uma faísca ou de um raio. Iniciada a reação de oxidação, também denominada combustão ou queima, o calor despreendido pela reação mantém o processo em atividade.

O fogo tem início e irá durar se houver suprimento contínuo de um combustível, de calor e de um comburentes (oxigênio). Na falta de pelo menos um dos componentes, didaticamente descritos no “*triângulo do fogo*” o mesmo não se inicia, ou se estiver aceso, se apaga.

Com efeito, pode-se extinguir o fogo retirando-se o calor, por resfriamento (jogando-se água, que faz com que o fogo perca calor) ou removendo-se o oxigênio (usando-se CO₂ ou abafando-se o fogo) ou ainda retirando-se o combustível (madeira, gasolina, gás, etc.).

1.2. ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO

História

Desde que as civilizações começaram a fazer as primeiras tentativas no domínio da construção que se começou a procurar um material que unisse as pedras numa massa sólida e coesa.

Os assírios e babilônios usaram primeiro a argila como material ligante,

enquanto que os egípcios descobriram a cal e o gesso. Seguiram-se algumas melhorias introduzidas pelos gregos e finalmente os romanos desenvolveram um cimento altamente durável.

Em 1830, Joseph Aspdin patenteou o processo de fabricação de um ligante hidráulico, cujo método consistia em juntar proporções bem definidas de calcário e argila, reduzi-las a pó e calciná-las num forno, de forma a obter clínquer² que era depois moído até se transformar em cimento.

O cimento Portland deve o seu nome à sua cor e características semelhantes às das pedras da Ilha de Portland e é atualmente, uma combinação química predeterminada e bem proporcionada, de cálcio, sílica, ferro e alumínio, sujeita a um processo de fabricação complexo, e abarcando uma grande variedade de operações.

Definição

O concreto recebe o nome de *concreto armado* ou *betão armado* devido ao fato de receber uma armadura metálica responsável por resistir aos esforços de tração, enquanto que o concreto em si resiste à compressão.

Ao longo do tempo, o homem vem abrindo mão de diversos materiais utilizados para suas construções. A tecnologia do concreto armado só ganhou espaço e credibilidade a partir do começo do século XIX, com características admiráveis de resistência, durabilidade e versatilidade. Com o passar dos anos, descobriu-se que eles eram passíveis de sofrer diversos tipos de agressões, que resultariam em variada gama de alterações em suas características e propriedades (LAPA, 2008).

² produto da calcinação de calcário e argila us. como matéria-prima para cimento após moagem; escória de fornos siderúrgicos.

As estruturas metálicas são menos resistentes à ação térmica comparadas com as estruturas em concreto armado, isso devido a estrutura em concreto ser mais robusta.

O concreto armado é um material heterogêneo, mas comporta-se como material homogêneo no estado enrijecido apresentando boas características térmicas a temperaturas ambientes. O concreto enrijecido é incombustível, não exala gases tóxicos e pouco conduz calor. Essas características concedem ao concreto uma boa resistência ao calor (COSTA, 2004).

Em temperaturas muito elevadas, no caso dos incêndios, o concreto assume um comportamento complexo, ou seja, as transformações físico-químicas ocorridas com o concreto podem levar os elementos estruturais a degeneração progressiva ou a ruptura precoce. Os efeitos combinados podem causar perdas significativas da capacidade portante das estruturas em concreto armado.

1.3. INCÊNDIO

O incêndio é entendido por expressões que relacionam o crescimento da temperatura dos gases quentes do compartimento, com o tempo de duração do sinistro. A energia que é liberada pelo incêndio varia conforme a quantidade e o tipo de material combustível presente, das condições de ventilação do ambiente e dos elementos de vedação.

Considerando que um incêndio abrange basicamente três etapas, chamada de *ignição*, *aquecimento* e *resfriamento* (a variação entre as duas últimas é uns dos principais causadores de fissuras e lascamentos das estruturas).

O período de maior crescimento da temperatura durante um incêndio compartimentado ocorre no após o “*flashover*”, ou seja, momento em que todo material orgânico entra em combustão generalizada espontaneamente.

A relação *temperatura x tempo* é representada, na figura 01, pelas “curvas temperatura-tempo” ou “curvas de incêndio” as quais podem ser padronizadas (*curva incêndio-padrão*) ou parametrizadas pelas características do cenário do incêndio (*curva incêndio-natural*). A partir dessas curvas é possível calcular a máxima temperatura atingida pelas peças estruturais e a sua correspondente resistência (COSTA & SILVA, 2003).

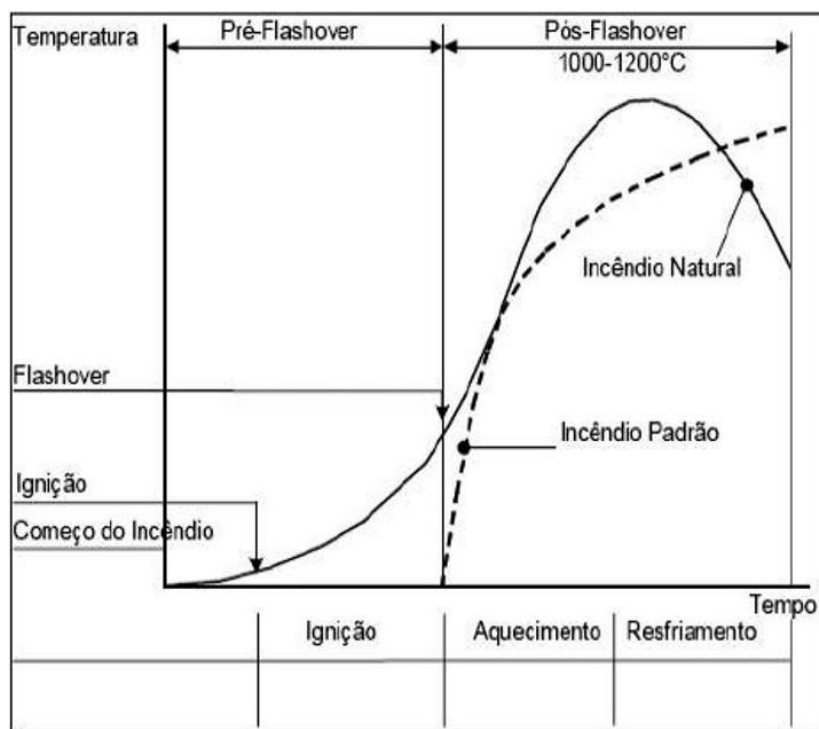


FIGURA 01 – Curva temperatura-tempo de um incêndio-natural comparado ao incêndio-padrão.

1.4. PATOLOGIA

O concreto armado, por ser um material não inerte, está sujeito a alterações, ao longo do tempo, em função de interações entre seus agregados (*cimento, areia, brita, água e aço*), entre esses e aditivos que lhe são acrescentados (*plastificante, retardantes de pega, etc.*) e, ainda, com agentes externos (*ácidos, bases, sais, gases, vapores, elevação de temperatura, microorganismos dentre outros*).

Dessas interações resultam anomalias que podem comprometer o desempenho da estrutura e, assim sendo, caracterizar uma doença, moléstia ou enfermidade, que pode ser entendida como a incapacidade delas desempenharem as funções para as quais foram idealizadas.

Portanto, a patologia das estruturas pode, então, ser entendida como o ramo da engenharia que estuda as enfermidades sob os aspectos das estruturas em concreto. Por serem manifestações das enfermidades, é à partir dos sintomas que se inicia todo o processo de averiguação das causas e origem do fenômeno patológico, fundamental para o correto diagnóstico (LAPA, 2008).

2. JUSTIFICATIVA

A utilização de estruturas em concreto armado nas edificações e construções em geral vem ao longo dos anos promovendo o desenvolvimento social da civilização moderna, proporcionando flexibilidade no dimensionamento das superestruturas através de projetos que visam facilitar o desenvolvimento, comodidade, mobilidade, produtividade, bem estar e o melhor aproveitamento do espaço urbano, assim como também o desenvolvimento econômico financeiro devido a grande quantidade de mão-de-obra empregada nessa técnica construtiva por não exigir muita especialização na área.

O concreto armado é o material consagrado nas construções brasileiras e internacionais, por apresentar boa resistência à ação do intemperismo (durabilidade), ser moldável e permitir o monolitismo³ das construções.

Sabendo que estes tipos de estruturas sofrem influências ambientais previstas e a todos os tipos de ações (carregamento aplicado) e reações externas (intempéries), existe, ainda, um fator considerado como uma das mais prejudiciais em uma estrutura em concreto armado, que é o incêndio. Neste caso, as estruturas sofrem colapso progressivo devido à degradação diferencial do concreto armado causado pela severidade do incêndio, quanto à taxa de aquecimento e o tempo de exposição, causando redução na resistência e no módulo de elasticidade dos materiais. Há, portanto, a perda de rigidez da estrutura podendo levar as peças estruturais à ruína.

Este trabalho de conclusão de curso é voltado ao estudo sobre a viabilidade de se recuperar estruturas afetadas por esse tipo de sinistro, uma vez que, dependendo da temperatura que a estrutura foi exposta, estas podem ser recuperadas.

³ *monumento ou obra constituída por um só bloco.*

3. OBJETIVO

3.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade de recuperação de estruturas em concreto armado expostas a altas temperaturas produzidas em um incêndio.

Diante dos avanços na área da construção civil vê-se a possibilidade de recuperar estruturas parcialmente afetadas por diversos fatores destrutivos, causando danos de baixos impactos, mas que podem comprometer o desempenho da estrutura, provocar efeitos estéticos indesejáveis, ou causar desconforto psicológico nos usuários, e principalmente o enfraquecimento da estrutura, e redução de sua vida útil.

Assim, poderia tornar-se desnecessário a demolição drástica da estrutura, sendo possível, e mais viável, recuperá-la.

3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Este trabalho adota a análise dos danos causados numa edificação em concreto armado devido a sua exposição a elevadas temperaturas, que será feita considerando os efeitos em nível macroestrutural e, ao fim, apresentar uma solução viável para recuperação estrutural do *Edifício Joaquim Dias Rosa*.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. GENERALIDADES SOBRE INCÊNDIO

Um Incêndio é uma ocorrência de fogo não controlado, que pode ser extremamente perigosa para os seres vivos e para as estruturas. A exposição a um incêndio pode levar a morte, geralmente pela inalação dos gases, ou pelo desmaio causado por eles, ou posteriormente pelas queimaduras graves.

Nem todos os fogos podem ser considerados incêndios, este é no entanto um tema que o senso-comum tem ao longo dos séculos banalizado de forma a que praticamente qualquer foco de fogo inesperado tem sido visto como "*incêndio*". Inicialmente foi criada a teoria conhecida como "*triângulo do fogo*" para explicar como se dá início a um incêndio.



Figura 02 – "Triângulo do fogo".

O triângulo do fogo é a representação dos três elementos necessários para iniciar uma combustão. Esses elementos são o *combustível*⁴ que fornece energia para a queima, o *comburente* que é a substância que reage quimicamente com o combustível (geralmente o oxigênio presente na atmosfera) e o *calor* que é necessário para iniciar a reação entre combustível e comburente.

Considera-se que um incêndio seja composto essencialmente por três fases:

⁴ É tudo que é suscetível de entrar em combustão (madeira, papel, pano, estopa, tinta, alguns metais, etc.).

Ignição

A ignição pode ocorrer por inúmeros princípios, como um curto-circuito, raio, faísca, chamas, etc., ou seja, algo que forneça calor.

Um outro fator é a auto-ignição. Sob certas condições, os materiais podem pegar fogo sem a presença de uma chama. A ignição espontânea é um fenômeno químico, no qual há uma geração intensa de calor, a partir da oxidação de materiais combustíveis, o calor gerado atinge a temperatura de ignição do material. Assim haverá fogo sem o auxílio de uma chama externa.

Aquecimento e Propagação

É quando o fogo passa da fase inicial (*ignição*) para a fase de inflamação, isso caracteriza o risco do crescimento do incêndio.

Durante essa fase, os gases quentes e fumaça gerados no local elevam a temperatura, isso fará com que os materiais combustíveis se inflamem e que o fogo se intensifique e se irradie para outros ambientes.

O fogo pode propagar-se rapidamente para outras estruturas das seguintes formas:

- por **irradiação**, onde acontece transporte de energia de forma unidirecional através do ar;
- por **convecção**, onde a energia é transportada pela movimentação do ar aquecido pela combustão;
- por **condução**, onde a energia é transportada através de um corpo bom condutor de calor;
- por **projeção** de partículas inflamadas que pode ocorrer na presença de explosões e fagulhas transportadas pelo vento.

Extinção

Somente quando grande parte dos materiais combustíveis forem consumidos é que o fogo entrará em processo de extinção.

É possível evitar que o fogo chegue a um ponto crítico através do método de extinção do fogo que consiste basicamente no:

- **Resfriamento:** retirar o calor do material incendiado através do uso da água, mas este processo tem seu lado negativo, pois causaria variação térmica na estrutura, e conseqüentemente, o aparecimento de fissuras;
- **Abafamento:** através de projeção de pó químico ou gás carbônico, retira-se o elemento oxigênio (*comburente*) do triângulo do fogo;
- **Isolamento:** retirada do material combustível do local do incêndio.

4.2. GENERALIDADES SOBRE DURABILIDADE

É possível observar que concretos executados há mais tempo, em geral, têm durabilidade superior aos executados recentemente. Durante os anos 60, para se produzir um concreto com resistência à compressão de 30 MPa era necessário um consumo de cimento muito alto, entre 400 a 500 kg/m³. Com o crescimento da atividade da construção a partir da década de 70 e o surgimento da indústria do concreto pré-misturado, verificou-se uma otimização nos traços dos concretos, procurando-se atingir concretos mais resistentes com um teor de cimento cada vez menor (FERREIRA, 2000).

Apesar de o concreto ser o material de construção mais consumido no planeta, o conhecimento e divulgação das práticas construtivas adequadas não acompanharam o crescimento da atividade de construção, ocasionando seguidos descuidos nas obras, e reduzindo a capacidade do concreto em

proteger as armaduras contra a corrosão. Com o tempo, a tecnologia de fabricação do concreto foi avançando, com a melhoria das propriedades dos aditivos, adições e ligantes, possibilitando uma redução significativa nas seções das peças de concreto armado em função do aumento das resistências mecânicas (FERREIRA, 2000).

A execução das obras não acompanhou o avanço tecnológico. Para facilitar o lançamento do concreto em peças cada vez mais estreitas e mais armadas, utilizou-se concretos mais fluidos e compostos com materiais mais finos, resultando em um produto final de qualidade inferior (VASCONCELOS, 2005).

Até o final da década de 80, a resistência à compressão ainda era, praticamente, o único parâmetro adotado para avaliar a qualidade do concreto. (FERREIRA, 2000).

Para isto é necessário adotar procedimentos adequados para o lançamento, adensamento e cura do concreto. Além dos cuidados com a composição do traço do concreto. Mas o cuidado com a manutenção das obras acabadas é também muito importante. Surge então um conceito até então pouco conhecido e praticamente não utilizado: a durabilidade do concreto, que é a capacidade do concreto de resistir às intempéries e aos demais processos de degradação.

4.3. FATORES DE DETERIORAÇÃO DO CONCRETO

Os principais processos que causam a deterioração do concreto podem ser agrupados, de acordo com sua natureza, em mecânicos, físicos, químicos, biológicos e eletromagnéticos. Na realidade a deterioração do concreto ocorre muitas vezes como resultado de uma combinação de diferentes fatores externos e internos. São processos complexos, determinados pelas propriedades físico-químicas do concreto e da forma como está exposto. Os processos de degradação alteram a capacidade do material em desempenhar as suas funções, que nem sempre se manifestam visualmente. Os três principais sintomas que podem surgir isoladamente ou simultaneamente são:

- a **fissuração**: pela variação térmica, e conseqüentemente, aparecem fissuras devido a dilatação/contração da estrutura de concreto armado;
- o **destacamento**: com a exposição ao calor, os agregados, que possuem coeficiente de dilatação diferentes, expandem causando destacamento de parte da estrutura;
- e a **desagregação**: pode acontecer por dois motivos, o primeiro chamado de *esfarelamento* da superfície calcinada, característico da exposição constante da superfície do material à ação térmica, e o segundo de lascamento (“*spalling*”), causa o desprendimento de uma porção do concreto da superfície do elemento, podendo acontecer de duas formas: *explosivo* (“*explosive spalling*”), onde a perda do material é parcial, instantânea e violenta com grande liberação de energia, formando grandes cavidades nos primeiros 30 minutos do incêndio; *desagregação gradual* (“*sloughing*”) de grande extensão (perda geral do material) e de efeito progressivo, pois deixa novas camadas de concreto à exposição das chamas conduzindo a novos descascamentos sucessivos e a perda de aderência entre a armadura e o seu revestimento.

As possíveis causas do “*spalling*”, em âmbito macroestrutural, são: água livre ou capilar em excesso, alta densidade, elevados gradientes térmicos, distribuição não-uniforme de temperaturas nas peças, seções transversais delgadas e alta taxa de armadura.

É sabido que a maior incidência de “*spalling*” ocorre entre 250°C e 400°C, temperaturas normalmente alcançadas em situação de incêndio. Na maioria dos casos a pressão de vapor é o fator de maior influência, sobretudo nos lascamentos explosivos.

4.4. EFEITOS DE ALTAS TEMPERATURAS SOBRE O CONCRETO

Os efeitos da temperatura sobre o concreto têm origens internas e externas. Do ponto de vista interno o calor gerado pela hidratação durante a cura do

concreto. Do ponto de vista externo, as condições climáticas podem causar problemas no concreto, mas trataremos apenas os efeitos térmicos causados pela influência de altas temperaturas no concreto, ou seja, a ação do fogo em uma situação de incêndio.

Mudanças físico-químicas

O concreto no processo de elevação de temperatura vai perdendo resistência e mudando sua coloração. Assim, a 200°C o concreto é cinza e não há perda de resistência apreciável; a 300°C a perda de resistência varia em torno de 10%, decrescendo progressivamente a partir desta temperatura; de 300°C a 600°C a cor muda para rosa a vermelha, a resistência à compressão cai para 50% do valor original, aproximadamente, o módulo de deformação reduz em até 20% e a resistência à tração chega a ter um valor praticamente desprezível (SOUZA, 2003); entre 600°C a 950°C a cor passa para cinza com pontos vermelhos, com resistência à compressão muito pequena; de 950°C a 1.000°C a cor muda para amarela alaranjada e o concreto começa a sinterizar-se; a partir de 1.000°C o concreto sofre a sinterização, virando um material calcinado, mole e sem resistência. A porosidade e a mineralogia dos agregados influenciam no comportamento do concreto exposto às altas temperaturas, assim como concretos com boa granulometria comportam-se melhor frente ao calor (LIMA, 2003).

A sinterização é um processo por meio do qual se obtém um bloco de sinter, este, por sua vez, é formado de material obtido pela associação, sob alta temperatura, de pequenas partículas de minério de ferro, misturadas aos fundentes (calcário e dolomita) e ao coque⁵.

Quando um elemento de concreto é submetido a altas temperaturas sofre modificações importantes. A água livre ou capilar do concreto começa a evaporar a partir dos 100°C. Entre 200°C e 300°C, a perda de água capilar é

⁵ *material sólido, de origem mineral ou vegetal, que consiste principalmente de carbono com pequeno percentual de hidrogênio.*

completa, sem que se observem alterações na estrutura do cimento hidratado e sem redução considerável na resistência. De 300°C a 400°C ocorre a perda de água da pasta do cimento, causando uma sensível diminuição das resistências e aparecendo as primeiras fissuras superficiais no concreto. Aos 400°C, uma parte do hidróxido de cálcio procedente da hidratação dos silicatos se transforma em cal viva. Até os 600°C, os agregados que não têm todos os mesmos coeficientes de dilatação térmica, se expandem com diferentes intensidades, provocando tensões internas que começam a desagregar o concreto (CÁNOVAS, 1988).

4.5. EFEITOS DE ALTAS TEMPERATURAS SOBRE O AÇO

Os incêndios normalmente não chegam a temperaturas que possam causar a fusão do aço, aproximadamente 1.550°C, mas apresentam elevações de temperaturas suficientes para aquecer a região periférica da estrutura de concreto, a ponto de reduzir, significativamente, a resistência do aço. As máximas temperaturas alcançadas, já registradas em incêndios, aproximaram-se dos 1.200°C.

No concreto armado, o efeito da variação de temperatura não costuma ocasionar o surgimento de tensões quando as temperaturas são normais, pois o coeficiente de dilatação dos dois materiais é semelhante: $1,2 \times 10^{-5}$ m/m°C para o aço e $1,0 \times 10^{-5}$ m/m°C para o concreto. No entanto, quando as temperaturas se elevam, os coeficientes têm comportamentos diferentes, sendo que o do aço pode chegar a 30 vezes superior ao do concreto, produzindo tensões relevantes, que podem provocar o destacamento da camada de cobrimento das armaduras (VELASCO, 2003), deixando as armaduras expostas ao calor excessivo, comprometendo seu desempenho estrutural.

Perda de aderência aço-concreto

Independente do diâmetro das armaduras, a redução da aderência é muito maior em concretos resfriados rapidamente em água do que quando resfriados gradualmente ao ar. Em aquecimentos de curta duração, próximos aos 100°C, concretos resfriados gradativamente apresentaram um pequeno ganho de resistência na aderência. Após 100°C, a redução da aderência entre as barras e o concreto é sensível em função do aumento e duração do aquecimento. Acima dos 400°C a perda de aderência das armaduras é maior do que a redução de resistência à compressão dos concretos. A partir dos 600°C há perda completa de aderência (CÁNOVAS, 1988). O “*sloughing*” também contribui à redução de aderência aço-concreto gradualmente; perdas de aderência dessa natureza têm sido observadas nos últimos estágios do incêndio.

Fluência

O aço quando exposto a altas temperaturas se dilata, porém diminui seu limite elástico assim como a sua tensão de ruptura, chegando ao colapso perto dos 500°C.

Os aços laminados a quente ou aços “*doce*” apresentam patamar de escoamento bem definidos e as propriedades elásticas dependem unicamente da composição química, teores de carbono, manganês, silício e cromo, apresentando grande ductilidade⁶. Verifica-se um aumento de aproximadamente 30% na resistência última nos aços laminados, entre 250° e 400°C (Bauer, 1994). Depois disso, a resistência é progressivamente reduzida e o aço amolece em torno de 800°C.

⁶ *que se pode estirar ou comprimir sem se romper ou quebrar; elástico, flexível, moldável; características físicas do aço.*

Corrosão

A variação de temperatura pela ação do combate ao incêndio é tão destrutiva ao concreto quanto à própria ação do fogo, provocando fissuras. Quando uma estrutura de concreto aproxima de 500 °C, a ação da água produz uma elevação de temperatura em virtude da reação de reidratação do óxido de cálcio livre na pasta de concreto. Assim, novas rachaduras aparecem, decorrente dessas novas expansões térmicas causadas pela elevação de temperatura.

Ao atingir a 400°C, o hidróxido de cálcio da pasta de cimento desidrata e transforma-se em carbonato de cálcio reduzindo o valor do pH do concreto para valores menores que 12,5.

A medida que se reidrata o concreto, o hidróxido de cálcio se recompõe, recuperando o pH inicial, mas apenas nas camadas superficiais molhadas, deixando interior seco do concreto a ação da “*frente de carbonatação*”. O agente responsável por essa frente é o gás carbônico presente no ar. Uma vez acontecido isso, dá-se início ao processo de corrosão.

A combustão dos condutos hidráulicos e elétricos de PVC no interior das peças de concreto, liberam vapores ácidos que, em contato com o concreto, reduzindo o seu pH e, portanto, podem despassivar também as armaduras.

5. METODOLOGIA

5.1. MÉTODOS DE PESQUISA

Para o atendimento do objetivo proposto, a pesquisa foi estruturada em análises visuais dos componentes estruturais do objeto de estudo, na revisão bibliográfica, na pesquisa em teses e dissertações, em páginas da internet e revistas especializadas sobre o tema em questão.

O trabalho contará com um estudo de caso, sendo este sobre a viabilidade de recuperar a estrutura incendiada do *Edifício Joaquim Rosa de Oliveira*.

Vários fatores contribuíram negativamente para o desenvolvimento deste trabalho, como, por exemplo, as enchentes dos anos de 2003 e de 2004 (e anos anteriores) e o próprio fato do edifício ter sido incendiado, destruindo todos os arquivos da referida edificação.

5.2. ASPECTOS GERAIS DE AVALIAÇÃO

As intervenções para restabelecer o desempenho de uma estrutura devem ser fundamentadas nos pontos de vista técnico, econômico e sócio-ambientais, como mostrado na *figura 03*. Assim, caso o desempenho de uma estrutura seja insatisfatório, após avaliar, alternativas devem ser tomadas, tais como recuperar, reforçar, limitar o uso ou ainda, no caso mais extremo, demolir.

Os pontos principais de um projeto de recuperação consideram uma avaliação das condições da estrutura existente a ser reparada, as soluções cabíveis e proteções adicionais.

A diversidade de danos e de possibilidades de ocorrência dificulta a elaboração de normas de recuperação e reforço. Por outro lado, o monitoramento dos resultados de estruturas que já passaram por algum processo de recuperação

(recuperadas) é importante para o estabelecimento de critérios mínimos de desempenho das mesmas.

Antes de conceber a idéia de recuperação de uma estrutura é necessário um trabalho extensivo de investigação, através de análise dados da obra como projetos iniciais, plantas, memórias de cálculo, especificações de materiais e resistências, etc.

Caso contrário, deverá ser providenciado levantamento detalhado da estrutura, como croqui esquemático e fotos.

Registram-se todos os sintomas visuais, inclusive retirando-se o revestimento do concreto em pontos singulares, para a observação direta das armaduras e visualização um pouco mais profunda da camada superficial do concreto e do desempenho das estruturas como um todo.



Figura 03 – Hipótese para recuperação de estruturas.

5.3. CLASSIFICAÇÃO DAS ENFERMIDADES (DANOS)

5.3.1. CLASSIFICAÇÃO VISUAL DAS ESTRUTURAS

TABELA 01 - CLASSIFICAÇÃO VISUAL DO NÍVEL DA PATOLOGIA.

DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Estrutura não apresenta enfermidade.	0
Estrutura com enfermidades mínimas. Fissuras superficiais e aleatórias, quinas quebradas e perda de reboco. Reparos com finalidade de prevenção.	1
Estrutura que apresentam lascamentos, perda da camada de cobertura das armaduras, fissuras profundas, etc. Reparos de proteção são necessários para evitar corrosão/oxidação das armaduras.	2
Estrutura que apresentam lascamentos explosivos, com exposição da armadura, esmagamento mínimo (pilar), flexão pequena (vigas e lajes) ou desagregação do concreto, pouca perda de resistência. Recuperações são necessários para reabilitação estrutural.	3
Estrutura que apresentam exposição significativa da armadura, grandes flexões (vigas e lajes), deslinearidade da peça, esmagamento (pilar) ou desagregação completa da seção estrutural com grande perda de resistência/desempenho. Recuperações são necessários para reabilitação estrutural.	4
Estrutura totalmente afetada pela enfermidade e sem função estrutural, sendo necessário a substituição total da peça/componente.	5

5.3.2. ALTERAÇÃO DE COR

É divulgada por literaturas especializadas a mudança de cor do concreto em função da temperatura. É importante ressaltar que a natureza dos agregados dos concretos influencia na coloração, pois eles constituem a maior parte (em torno de 70%) do concreto.

Pequenas quantidades de óxido de ferro, hidróxidos ou óxidos de ferro hidratados são responsáveis por alterações na cor do concreto com o crescimento da temperatura. As rochas sedimentares, metamórficas e ígneas (agregados) geralmente não alteram a cor, quando submetidas a incêndios ordinários. Somente algumas rochas metamórficas também podem apresentar mudanças de cor com a temperatura tal como as rochas sedimentares carbonáticas apresentam.

Sabe-se que no concreto comumente usado na construção civil brasileira empregam-se agregados de granito (brita). Estes não apresentaram alteração de cor.

**TABELA 02 - ESTIMATIVA DA TEMPERATURA E DA RESISTÊNCIA EM
FUNÇÃO DA COLORAÇÃO.**

TEMPERATURA	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Ambiente a 300° C	O concreto apresenta coloração cinza e, até 100°C, não há perda de resistência, após a redução da resistência a compressão varia em torno de 10%.	1
300° a 600° C	A cor varia entre rosa e vermelho e a resistência a compressão varia em torno de 50%.	2
600° a 950° C	A cor passa para cinza com pontos vermelhos e a resistência a compressão se reduz em torno de 80%.	3
Acima de 950° C	A cor muda para amarela-alaranjada e o concreto começa a sinterizar-se. Acima de 1100°C torna-se material calcinado e sem resistência.	4

5.3.3. PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO

Independente do diâmetro das armaduras, a redução da aderência é muito maior em concretos resfriados rapidamente em água do que quando resfriados gradualmente ao ar. O “*sloughing*” também contribui à redução de aderência aço-concreto gradualmente; perdas de aderência dessa natureza têm sido observadas nos últimos estágios do incêndio.

TABELA 03 - ESTIMATIVA DA PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA.

TEMPERATURA	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Ambiente a 400° C	Até 100°C há ganho na aderência após, há redução gradativa da aderência das barras e da resistência a compressão do concreto.	1
400° a 600° C	Redução da aderência das barras é maior que a redução da resistência do concreto.	2
Acima de 600° C	Perda completa da aderência das barras com o concreto.	3

6. ESTUDO DE CASO

6.1. OBJETO DE ESTUDO

Os estudos do referente trabalho tem em foco o Edifício Joaquim Rosa de Oliveira, situado na Av. Olegário Maciel, nº 359, Centro, Caratinga-MG.

A edificação foi tomada por um incêndio no dia 22 de fevereiro de 2005, que se iniciou no 2º pavimento, onde servia de depósito de mercadorias (móveis e eletrodomésticos) para a loja situada no pavimento térreo.

A edificação é constituída por 5 (cinco) pavimentos e área total de 2.487,20 m², separadas da seguinte forma: uma loja de 497,44m² no pavimento térreo; uma sobre-loja (escritório) e um depósito, ambos de mesma área, no 1º e 2º pavimento, respectivamente; e apartamentos residenciais nos 3º e 4º pavimentos, sendo estes também com acesso pela rua José Augusto Ferreira.

6.2. GRAVIDADE DO SINISTRO

O conhecimento da temperatura atingida pelo fogo e sua duração, aliados a estudos específicos sobre a ação de altas temperaturas na pasta de cimento, no agregado e no concreto permitem decidir sobre a demolição ou o aproveitamento parcial ou total dos elementos estruturais (LAPA, 2008).

Sabe-se que o incêndio iniciou-se no 2º pavimento desta edificação. Pela coloração assumida pelo concreto, denota-se que a temperatura durante o sinistro, neste pavimento, chegou próximo de 1.000°C.

Observamos que nos andares superiores (3º e 4º pavimentos), a **irradiação** e a **convecção** do incêndio pela área de iluminação elevaram à temperatura a aproximadamente 500°C, que é a temperatura de fusão do vidro. Constatamos isso, pois nesses andares encontramos os vidros das janelas derretidos.

6.3. AVALIAÇÃO DOS DANOS

6.3.1. PAVIMENTO TERREO

No pavimento térreo, onde funcionava uma loja de móveis e eletrodomésticos, as estruturas (pilares, vigas e lajes) e até mesmo a alvenaria se encontram, no geral, em bom estado, porém levemente afetados pelo sinistro, aparentemente.

A temperatura neste pavimento pouco se elevou, não causando danos estruturais.

TABELA 04 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – PILARES – PAVIMENTO TÉRREO.

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
P 1	0	1	1	2
P 2	0	1	1	2
P 3	0	1	1	2
P 4	0	1	1	2
P 5	0	1	1	2
P 6	1	1	1	3
P 7	1	1	1	3
P 8	1	1	1	3
P 9	1	1	1	3
P 10	0	1	1	2
P 11	1	1	1	3
P 12	1	1	1	3
P 13	0	1	1	2
P 14	1	1	1	3
P 15	1	1	1	3
P 16	1	1	1	3
P 17	1	1	1	3
P 18	0	1	1	2
P 19	1	1	1	3

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
P 20	1	1	1	3
P 21	1	1	1	3
P 22	1	1	1	3
P 23	0	1	1	2
P 24	0	1	1	2
P 25	1	1	1	3
P 26	0	1	1	2
P 27	0	1	1	2
P 28	0	1	1	2
P 29	0	1	1	2
P 30	1	1	1	3
P 31	0	1	1	2
P 32	1	1	1	3
P 33	0	1	1	2
P 34	1	1	1	3
P 35	0	1	1	2
P 36	0	1	1	2
P 37	0	1	1	2
P 38	0	1	1	2
P 39	0	1	1	2
P 40	0	1	1	2

**TABELA 05 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – VIGAS – PAVIMENTO
TÉRREO.**

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
V 1–Tramo 01	0	1	1	2
V 1–Tramo 02	0	1	1	2
V 1–Tramo 03	0	1	1	2
V 1–Tramo 04	0	1	1	2
V 2–Tramo 01	0	1	1	2
V 2–Tramo 02	0	1	1	2
V 3	1	1	1	3
V 4-invertida	2	1	1	4
V 5	0	1	1	2
V 6–Tramo 01	1	1	1	3
V 6–Tramo 02	1	1	1	3
V 7–Tramo 01	1	1	1	3
V 7–Tramo 02	1	1	1	3
V 8–Tramo 01	1	1	1	3
V 8–Tramo 02	1	1	1	3
V 9	0	1	1	2
V 10–Tramo 01	0	1	1	2
V 10–Tramo 02	0	1	1	2
V 11	1	1	1	3
V 12–Tramo 01	0	1	1	2
V 12–Tramo 02	1	1	1	3
V 12	2	1	1	4
V 13–Tramo 01	0	1	1	2
V 13–Tramo 02	0	1	1	2
V 13–Tramo 03	0	1	1	2
V 14-Tramo 01	0	1	1	2
V 14-Tramo 02	0	1	1	2
V 14-Tramo 03	0	1	1	2
V 14-Tramo 04	0	1	1	2
V 14-Tramo 05	0	1	1	2
V 14-Tramo 06	0	1	1	2
V 14-Tramo 07	0	1	1	2
V 14-Tramo 08	0	1	1	2
V 14-Tramo 09	0	1	1	2

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESITÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
V 15–Tramo 01	0	1	1	2
V 15–Tramo 02	0	1	1	2
V 15–Tramo 03	0	1	1	2
V 16	1	1	1	3
V 17	0	1	1	2
V 18	0	1	1	2
V 19–Tramo 01	0	1	1	2
V 19–Tramo 02	1	1	1	3
V 20–Tramo 01	0	1	1	2
V 20–Tramo 02 invertida	2	1	1	4
V 20–Tramo 03 invertida	2	1	1	4
V 20–Tramo 04	0	1	1	2
V 21	1	1	1	3
V 22-Tramo 01	0	1	1	2
V 22-Tramo 02	0	1	1	2
V 22-Tramo 03	0	1	1	2
V 22-Tramo 04	0	1	1	2
V 22-Tramo 05	0	1	1	2
V 22-Tramo 06	0	1	1	2
V 23-Tramo 01	0	1	1	2
V 23-Tramo 02	0	1	1	2
V 23-Tramo 03	0	1	1	2
V 23-Tramo 04	0	1	1	2
V 23-Tramo 05	0	1	1	2
V 23-Tramo 06	0	1	1	2

**TABELA 06 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – LAJES – PAVIMENTO
TÉRREO.**

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESITÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
L 1	1	1	1	3
L 2	1	1	1	3
L 3	1	1	1	3
L 4	1	1	1	3
L 5	1	1	1	3
L 6	1	1	1	3
L 7	1	1	1	3
L 8	1	1	1	3
L 9	1	1	1	3
L 10	1	1	1	3
L 11	2	1	1	4
L 12	2	1	1	4
L 13	1	1	1	3
L 14	1	1	1	3
L 15	1	1	1	3
L 16	1	1	1	3
L 17	2	1	1	4
L 18	2	1	1	4
L 19	1	1	1	3
L 20	1	1	1	3
L 21	1	1	1	3

6.3.2. 1º PAVIMENTO

No primeiro pavimento, destinado a parte administrativa, as estruturas e a alvenaria se encontram, no geral, medianamente afetados pelo sinistro, somente em algumas peças, onde a armadura se encontra exposta a intempéries, seria necessário sua recuperação.

TABELA 07 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – PILARES – 1º PAVIMENTO.

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESITÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
P 1	1	1	1	3
P 2	2	1	1	4
P 3	2	1	1	4
P 4	1	1	1	3
P 5	1	1	1	3
P 6	1	1	1	3
P 7	2	1	1	4
P 8	1	1	1	3
P 9	1	1	1	3
P 10	1	1	1	3
P 12	1	1	1	3
P 13	2	1	1	4
P 14	1	1	1	3
P 15	2	1	1	4
P 16	1	1	1	3
P 17	2	1	1	3
P 18	1	1	1	3
P 19	1	1	1	3
P 21	3	1	1	5
P 22	2	1	1	4
P 23	1	1	1	3
P 24	1	1	1	3
P 25	2	1	1	4
P 26	2	1	1	4
P 27	1	1	1	3
P 28	1	1	1	3

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
P 30	1	1	1	3
P 31	2	1	1	4
P 32	1	1	1	3
P 33	1	1	1	3
P 34	1	1	1	3
P 35	1	1	1	3
P 36	1	1	1	3
P 37	1	1	1	3
P 38	2	1	1	4
P 39	2	1	1	4

**TABELA 08 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – VIGAS – 1º
PAVIMENTO.**

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
V 1–Tramo 01	1	1	1	3
V 1–Tramo 02	2	1	1	4
V 1–Tramo 03	2	1	1	4
V 1–Tramo 04	2	2	1	5
V 2–Tramo 01	*	*	*	*
V 2–Tramo 02	2	1	1	4
V 2–Tramo 03	1	1	1	3
V 2–Tramo 04	1	1	1	3
V 3	1	1	1	3
V 4–Tramo 01	*	*	*	*
V 4–Tramo 02	1	1	1	3
V 5	1	1	1	3
V 6–Tramo 01	3	3	2	8
V 6–Tramo 02	3	3	2	8
V 7	*	*	*	*
V 8	1	1	1	3
V 9	*	*	*	*
V 10–Tramo 01	3	3	2	8
V 10–Tramo 02	2	3	2	7
V 11	2	2	1	5
V 12	*	*	*	*
V 13–Tramo 01	*	*	*	*
V 13–Tramo 02	2	2	1	5
V 13–Tramo 03	2	2	1	5
V 13–Tramo 04	1	1	1	3
V 14–Tramo 01	*	*	*	*
V 14–Tramo 02	2	2	1	5
V 14–Tramo 03	2	2	1	5
V 14–Tramo 04	2	2	1	5
V 15	*	*	*	*
V 16	3	2	2	7
V 17–Tramo 01	1	1	1	3
V 17–Tramo 02	1	1	1	3
V 18–Tramo 01	1	1	1	3

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESITÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
V 18–Tramo 02	1	1	1	3
V 18–Tramo 03	1	1	1	3
V 19–Tramo 01	2	2	1	5
V 19–Tramo 02	1	1	1	3
V 19–Tramo 03	1	1	1	3
V 19–Tramo 04	1	1	1	3
V 19–Tramo 05	2	2	1	5
V 19–Tramo 06	1	1	1	3
V 19–Tramo 07	2	1	1	4
V 19–Tramo 08	1	1	1	3
V 19–Tramo 09	1	1	1	3
V 20–Tramo 01	2	2	1	5
V 20–Tramo 02	2	2	1	5
V 21	1	1	1	3
V 22–Tramo 01	2	2	1	5
V 22–Tramo 02	2	2	2	6
V 22–Tramo 03	2	2	2	6
V 23	1	1	1	3
V 24	2	2	2	6
V 25	2	2	1	5
V 26–Tramo 01	1	1	1	3
V 26–Tramo 02	1	1	1	3
V 27	2	1	1	4
V 28	1	1	1	3
V 29	2	1	1	4
V 30	1	1	1	3
V 31	2	1	1	4
V 32–Tramo 01	2	1	1	4
V 32–Tramo 02	2	1	1	4
V 32–Tramo 03	2	1	1	4
V 32–Tramo 04	2	1	1	4
V 32–Tramo 05	2	1	1	4
V 32–Tramo 06	2	1	1	4
V 33	*	*	*	*
V 34	*	*	*	*
V 35	*	*	*	*
V 36–Tramo 01	*	*	*	*

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
V 36-Tramo 03	*	*	*	*
V 36-Tramo 04	*	*	*	*
V 36-Tramo 05	*	*	*	*
V 36-Tramo 06	*	*	*	*

* peça/componente estrutural que por motivos adversos não foi possível avaliar sua situação.

**TABELA 09 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – LAJES – 1º
PAVIMENTO (SOBRE-LOJA).**

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
L 1	*	*	*	*
L 2	2	1	1	4
L 3	2	1	1	4
L 4	2	1	1	4
L 5	2	1	1	4
L 6	*	*	*	*
L 7	*	*	*	*
L 8	2	2	2	6
L 9	2	1	1	4
L 10	2	1	1	4
L 11	*	*	*	*
L 12	2	2	2	6
L 13	2	1	1	4
L 14	2	1	1	4
L 15	*	*	*	*
L 16	*	*	*	*
L 17	2	2	2	6
L 18	2	2	2	6
L 19	2	1	1	4
L 20	2	1	1	4
L 21	*	*	*	*
L 22	*	*	*	*
L 23	2	3	2	7
L 24	2	3	3	8
L 25	2	2	2	6
L 26	2	2	2	6
L 27	2	2	2	6
L 29	*	*	*	*
L 30	3	2	2	7
L 31	3	2	2	7
L 32	3	2	2	7
L 33	2	2	2	6
L 34	2	2	2	6
L 35	*	*	*	*

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
L 36	*	*	*	*
L 37	3	2	2	7
L 38	2	2	2	6
L 39	2	2	2	6
L 40	2	1	1	4

6.3.3. 2º PAVIMENTO

No segundo pavimento, destinado ao estoque de mercadorias, as estruturas e a alvenaria se encontram bem afetados pelo sinistro.

TABELA 10 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – PILARES – 2º PAVIMENTO.

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
P 1	2	1	1	4
P 2	2	2	2	6
P 3	3	3	2	8
P 4	3	3	2	8
P 5	2	1	1	2
P 6	2	3	3	8
P 7	3	3	3	9
P 8	3	3	3	9
P 9	2	2	2	6
P 10	3	3	3	9
P 12	3	2	2	7
P 13	3	3	3	9
P 14	4	5	3	12
P 15	3	4	3	10
P 16	3	3	3	9
P 17	1	1	1	3
P 18	2	2	2	6
P 19	4	4	3	11
P 21	4	4	3	11
P 22	1	1	1	3
P 23	2	1	1	4
P 24	3	4	3	10
P 25	3	4	3	10
P 26	2	2	2	6
P 27	1	1	1	3
P 28	3	4	3	10
P 29	3	4	3	10
P 30	2	3	3	8

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESITÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
P 31	3	3	3	9
P 32	2	2	2	6
P 33	2	2	2	6
P 34	2	2	2	6
P 35	3	3	3	9
P 36	3	3	3	9
P 37	3	3	3	9
P 38	3	2	2	7
P 39	2	2	2	6

**TABELA 11 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – VIGAS – 2º
PAVIMENTO.**

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESITÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
V 1	2	4	3	9
V 2–Tramo 01	2	3	3	8
V 2–Tramo 02	2	3	3	8
V 2–Tramo 03	2	4	3	9
V 2–Tramo 04	3	4	3	10
V 3	4	4	3	11
V 4–Tramo 01	4	4	3	11
V 4–Tramo 02	4	4	3	11
V 5	3	4	3	10
V 6–Tramo 01	3	4	3	10
V 6–Tramo 02	3	4	3	10
V 7	5	4	3	12
V 8	1	3	3	7
V 9	5	4	3	12
V 10–Tramo 01	3	4	3	10
V 10–Tramo 02	3	3	3	9
V 11	1	2	2	5
V 12	3	4	3	10
V 13–Tramo 01	3	4	3	10
V 13–Tramo 02	4	4	3	11
V 13–Tramo 03	4	4	3	11
V 13–Tramo 04	4	4	3	11
V 14–Tramo 01	3	4	3	10
V 14–Tramo 02	4	4	3	11
V 14–Tramo 03	4	4	3	11
V 14–Tramo 04	3	4	3	10
V 15	4	4	3	11
V 16	3	4	3	10
V 17–Tramo 01	3	4	3	10
V 17–Tramo 02	3	4	3	10
V 18	2	2	2	6
V 19–Tramo 01	3	4	3	10
V 19–Tramo 02	3	4	3	10
V 19–Tramo 03	1	2	2	5

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESITÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
V 19–Tramo 04	1	2	2	5
V 19–Tramo 05	1	2	2	5
V 19–Tramo 06	3	4	3	10
V 19–Tramo 07	3	4	3	10
V 19–Tramo 08	3	4	3	10
V 19–Tramo 09	3	4	3	10
V 20	3	4	3	10
V 21	2	3	3	8
V 22–Tramo 01	3	4	3	10
V 22–Tramo 02	2	3	3	8
V 22–Tramo 03	3	4	3	10
V 23	2	3	2	7
V 24	4	4	3	11
V 25	2	3	3	8
V 26–Tramo 01	3	4	3	10
V 26–Tramo 02	3	4	3	10
V 27	4	4	3	11
V 28	2	3	2	7
V 29	4	4	3	11
V 30	4	4	3	11
V 31	4	4	3	11
V 32–Tramo 01	2	3	3	8
V 32–Tramo 02	3	4	3	10
V 32–Tramo 03	4	4	3	11
V 32–Tramo 04	5	4	3	12
V 33	2	3	3	8
V 34	4	4	3	11
V 35	2	2	2	6
V 36	4	4	3	11
V 37	4	4	3	11
V 38–Tramo 01	2	1	1	4
V 38–Tramo 02	2	2	2	6
V 38–Tramo 03	3	3	3	9
V 38–Tramo 04	2	2	2	6
V 38–Tramo 05	3	3	3	9
V 38–Tramo 06	3	4	3	10

**TABELA 12 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – LAJES – 2º
PAVIMENTO.**

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESITÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
L 1	2	1	1	4
L 2	2	1	1	4
L 3	2	2	1	5
L 4	3	2	2	7
L 5	3	3	3	9
L 6	4	3	3	10
L 7	4	3	3	10
L 8	4	4	3	11
L 9	4	4	3	11
L 10	4	4	3	11
L 11	3	4	3	10
L 12	COLAPSO			12
L 13	4	4	3	11
L 14	COLAPSO			12
L 15	4	4	3	11
L 16	4	4	3	11
L 17	4	4	3	11
L 18	4	4	3	11
L 19	4	4	3	11
L 20	1	1	1	3
L 21	1	1	1	3
L 22	4	4	3	11
L 23	4	4	3	11
L 24	5	4	3	12
L 25	5	4	3	12
L 26	1	1	1	3
L 27	1	1	1	3
L 28	5	4	3	12
L 29	5	4	3	12
L 30	4	4	3	11
L 31	4	4	3	11
L 32	5	4	3	12
L 33	5	4	3	12
L 34	4	4	3	11

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
L 35	4	4	3	11
L 36	4	4	3	11
L 37	4	4	3	11
L 38	4	4	3	11
L 39	4	4	3	11

6.3.4. 3º PAVIMENTO

No terceiro pavimento, destinado a apartamentos de residenciais, as estruturas também se encontram, no geral, mediamente afetados pelo sinistro, e a alvenaria bastante afetada (neste trabalho trataremos apenas da parte estrutural).

TABELA 13 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – PILARES – 3º PAVIMENTO.

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
P 1	1	1	1	3
P 2	1	1	1	3
P 3	1	1	1	3
P 4	1	1	1	3
P 5	1	1	1	3
P 6	1	1	1	3
P 7	1	1	1	3
P 8	1	1	1	3
P 9	1	1	1	3
P 10	1	1	1	3
P 12	1	1	1	3
P 13	2	1	1	4
P 14	2	2	2	6
P 15	2	2	2	6
P 16	1	1	1	3
P 17	1	1	1	3
P 18	2	1	1	4
P 19	2	2	2	6
P 21	2	2	2	6
P 22	1	1	1	3
P 23	1	1	1	3
P 24	2	2	2	6
P 25	1	2	2	6
P 26	1	1	1	3
P 27	1	1	1	3

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
P 28	1	1	1	3
P 29	1	2	2	5
P 30	1	2	2	5
P 31	1	1	1	3
P 32	1	1	1	3
P 33	1	1	1	3
P 34	1	1	1	3
P 35	1	1	1	3
P 36	1	1	1	3
P 37	1	1	1	3
P 38	1	1	1	3
P 39	1	1	1	3

**TABELA 14 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – VIGAS – 3º
PAVIMENTO.**

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
V 1	0	1	1	2
V 2–Tramo 01	0	1	1	2
V 2–Tramo 02	0	1	1	2
V 2–Tramo 03	0	1	1	2
V 2–Tramo 04	0	1	1	2
V 3	0	1	1	2
V 4–Tramo 01	0	1	1	2
V 4–Tramo 02	0	1	1	2
V 5	0	1	1	2
V 6–Tramo 01	1	1	1	3
V 6–Tramo 02	1	1	1	3
V 7	0	1	1	2
V 8	2	2	1	5
V 9	2	2	1	5
V 10–Tramo 01	1	1	1	3
V 10–Tramo 02	1	2	1	4
V 11	0	1	1	2
V 12	2	2	1	5
V 13–Tramo 01	2	2	1	5
V 13–Tramo 02	1	1	1	3
V 13–Tramo 03	1	2	1	4
V 13–Tramo 04	2	2	1	5
V 14–Tramo 01	2	2	1	5
V 14–Tramo 02	1	1	1	3
V 14–Tramo 03	0	1	1	2
V 14–Tramo 04	0	1	1	2
V 15	1	2	1	4
V 16	0	1	1	2
V 17–Tramo 01	0	1	1	2
V 17–Tramo 02	0	1	1	2
V 18	0	1	1	2
V 19–Tramo 01	0	1	1	2
V 19–Tramo 02	0	1	1	2
V 19–Tramo 03	0	1	1	2

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESITÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
V 19–Tramo 04	0	1	1	2
V 19–Tramo 05	0	1	1	2
V 19–Tramo 06	0	1	1	2
V 19–Tramo 07	0	1	1	2
V 19–Tramo 08	0	1	1	2
V 19–Tramo 09	0	1	1	2
V 20	0	1	1	2
V 21	0	1	1	2
V 22–Tramo 01	0	1	1	2
V 22–Tramo 02	0	1	1	2
V 22–Tramo 03	1	1	1	3
V 23	0	1	1	2
V 24	0	1	1	2
V 25	0	1	1	2
V 26–Tramo 01	1	1	1	3
V 26–Tramo 02	1	2	1	4
V 27	1	2	1	4
V 28	0	1	1	2
V 29	0	1	1	2
V 30	0	1	1	2
V 31	0	1	1	2
V 32–Tramo 01	0	1	1	2
V 32–Tramo 02	1	1	1	3
V 32–Tramo 03	2	2	1	5
V 32–Tramo 04	2	1	1	4
V 33	0	1	1	2
V 34	0	1	1	2
V 35	0	1	1	2
V 36	0	1	1	2
V 37	0	1	1	2
V 38–Tramo 01	0	1	1	2
V 38–Tramo 02	0	1	1	2
V 38–Tramo 03	0	1	1	2
V 38–Tramo 04	1	2	1	4
V 38–Tramo 05	1	2	1	4
V 38–Tramo 06	0	1	1	2

**TABELA 15 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – LAJES – 3º
PAVIMENTO.**

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
L 1	0	1	1	2
L 2	0	1	1	2
L 3	0	1	1	2
L 4	0	1	1	2
L 5	0	1	1	2
L 6	0	1	1	2
L 7	0	1	1	2
L 8	1	1	1	3
L 9	0	1	1	2
L 10	0	1	1	2
L 11	1	1	1	3
L 12	0	1	1	2
L 13	0	1	1	2
L 14	0	1	1	2
L 15	0	1	1	2
L 16	1	1	1	3
L 17	1	1	1	3
L 18	1	1	1	3
L 19	0	1	1	2
L 20	0	1	1	2
L 21	0	1	1	2
L 22	0	1	1	2
L 23	1	1	1	3
L 24	0	1	1	2
L 25	0	1	1	2
L 26	0	1	1	2
L 27	0	1	1	2
L 28	0	1	1	2
L 29	1	1	1	3
L 30	0	1	1	2
L 31	0	1	1	2
L 32	0	1	1	2
L 33	0	1	1	2
L 34	1	1	1	3

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
L 35	0	1	1	2
L 36	0	1	1	2

6.3.5. 4º PAVIMENTO

No quarto pavimento, também destinado a apartamentos residenciais, as estruturas e a alvenaria se encontram levemente afetados pelo sinistro.

TABELA 16 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – PILARES – 4º PAVIMENTO.

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESITÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
P 1	0	1	1	2
P 2	0	1	1	2
P 3	0	1	1	2
P 4	0	1	1	2
P 5	0	1	1	2
P 6	0	1	1	2
P 7	0	1	1	2
P 8	0	1	1	2
P 9	0	1	1	2
P 10	0	1	1	2
P 12	0	1	1	2
P 13	0	1	1	2
P 14	0	1	1	2
P 15	0	1	1	2
P 16	0	1	1	2
P 17	0	1	1	2
P 18	0	1	1	2
P 19	0	1	1	2
P 21	0	1	1	2
P 22	0	1	1	2
P 23	0	1	1	2
P 24	0	1	1	2
P 25	0	1	1	2
P 26	0	1	1	2
P 27	0	1	1	2
P 28	0	1	1	2
P 29	0	1	1	2
P 30	0	1	1	2

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESITÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
P 28	0	1	1	2
P 29	0	1	1	2
P 30	0	1	1	2
P 31	0	1	1	2
P 32	0	1	1	2
P 33	0	1	1	2
P 34	0	1	1	2
P 35	0	1	1	2
P 36	0	1	1	2
P 37	0	1	1	2
P 38	0	1	1	2
P 39	0	1	1	2

**TABELA 17 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – VIGAS – 4º
PAVIMENTO.**

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESITÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
V 1	0	1	1	2
V 2–Tramo 01	0	1	1	2
V 2–Tramo 02	0	1	1	2
V 2–Tramo 03	0	1	1	2
V 2–Tramo 04	0	1	1	2
V 3	0	1	1	2
V 4–Tramo 01	0	1	1	2
V 4–Tramo 02	0	1	1	2
V 5	0	1	1	2
V 6–Tramo 01	1	1	1	2
V 6–Tramo 02	1	1	1	3
V 7	0	1	1	3
V 8	1	1	1	3
V 9	1	1	1	3
V 10–Tramo 01	1	1	1	3
V 10–Tramo 02	1	1	1	3
V 11	0	1	1	2
V 12	1	1	1	3
V 13–Tramo 01	1	1	1	3
V 13–Tramo 02	1	1	1	3
V 13–Tramo 03	1	1	1	3
V 13–Tramo 04	1	1	1	3
V 14–Tramo 01	1	1	1	3
V 14–Tramo 02	1	1	1	3
V 14–Tramo 03	0	1	1	2
V 14–Tramo 04	0	1	1	2
V 15	0	1	1	2
V 16	0	1	1	2
V 17–Tramo 01	0	1	1	2
V 17–Tramo 02	0	1	1	2
V 18	0	1	1	2
V 19–Tramo 01	0	1	1	2
V 19–Tramo 02	0	1	1	2
V 19–Tramo 03	0	1	1	2

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
V 19–Tramo 04	0	1	1	2
V 19–Tramo 05	0	1	1	2
V 19–Tramo 06	0	1	1	2
V 19–Tramo 07	0	1	1	2
V 19–Tramo 08	0	1	1	2
V 19–Tramo 09	0	1	1	2
V 20	0	1	1	2
V 21	0	1	1	2
V 22–Tramo 01	0	1	1	2
V 22–Tramo 02	0	1	1	2
V 22–Tramo 03	1	1	1	3
V 23	0	1	1	2
V 24	0	1	1	2
V 25	0	1	1	2
V 26–Tramo 01	1	1	1	3
V 26–Tramo 02	1	1	1	3
V 27	0	1	1	2
V 28	0	1	1	2
V 29	0	1	1	2
V 30	0	1	1	2
V 31	0	1	1	2
V 32–Tramo 01	0	1	1	2
V 32–Tramo 02	1	1	1	3
V 32–Tramo 03	1	1	1	3
V 32–Tramo 04	1	1	1	3
V 33	0	1	1	2
V 34	0	1	1	2
V 35	0	1	1	2
V 36	0	1	1	2
V 37	0	1	1	2
V 38–Tramo 01	0	1	1	2
V 38–Tramo 02	0	1	1	2
V 38–Tramo 03	0	1	1	2
V 38–Tramo 04	0	1	1	2
V 38–Tramo 05	0	1	1	2
V 38–Tramo 06	0	1	1	2

**TABELA 18 - DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS – LAJES – 4º
PAVIMENTO.**

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESITÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
L 1	0	1	1	2
L 2	0	1	1	2
L 3	0	1	1	2
L 4	0	1	1	2
L 5	0	1	1	2
L 6	0	1	1	2
L 7	0	1	1	2
L 8	1	1	1	3
L 9	0	1	1	2
L 10	0	1	1	2
L 11	1	1	1	3
L 12	0	1	1	2
L 13	0	1	1	2
L 14	0	1	1	2
L 15	0	1	1	2
L 16	1	1	1	3
L 17	1	1	1	3
L 18	1	1	1	3
L 19	0	1	1	2
L 20	0	1	1	2
L 21	0	1	1	2
L 22	0	1	1	2
L 23	1	1	1	3
L 24	0	1	1	2
L 25	0	1	1	2
L 26	0	1	1	2
L 27	0	1	1	2
L 28	0	1	1	2
L 29	1	1	1	3
L 30	0	1	1	2
L 31	0	1	1	2
L 32	0	1	1	2
L 33	0	1	1	2
L 34	1	1	1	3

ESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO			NÍVEL DE REPARO
	VISUAL DA PATOLOGIA (Tabela 01)	RESITÊNCIA EM FUNÇÃO DA COLORAÇÃO (Tabela 02)	PERDA DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO (Tabela 03)	
L 35	0	1	1	2
L 36	0	1	1	2

7. CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DA PATOLOGIA

TABELA 19 – TABELA DE FREQUÊNCIA

CLASSIFICAÇÃO	NÍVEL DE REPARO
REPARO	0 a 5
RECUPERAÇÃO	6 a 10
DEMOLIÇÃO/SUBSTITUIÇÃO	11 a 12

8. MÉTODOS DE RECUPERAÇÕES

Abordaremos de forma sucinta, os materiais e técnicas para a recuperação de estruturas de concreto armado.

Sugere-se que a escolha dos materiais e técnicas de correção esteja coerente com o diagnóstico e com as exigências de execução.

8.1. MATERIAIS

Algumas características ou propriedades que devem ser observadas quanto aos materiais a serem empregados:

- **Argamassa e concretos usuais**

O concreto é, sem dúvidas, o sistema estrutural mais versátil para o reparo ou a recuperação de estruturas, sendo utilizado em todos os tipos de peças estruturais em diversas situações e condições.

O concreto convencional deve ter dosagem que considere as diferenças de retração entre o concreto a ser aplicado e o concreto existente na peça a recuperar. Os traços muito ricos em cimento também devem ser evitados, pois apresentam grande retração. Os aditivos plastificantes, superplastificantes e expansores devem ser empregados de forma a permitir adequação às necessidades do serviço.

Muitas vezes é conveniente utilizar-se de argamassas pré-misturadas com polímeros quando o trabalho de recuperação for pequeno. Existe uma grande variedade de produtos oferecidos no mercado, como, por exemplo, as argamassas de base resina epóxi.

- **Pintura e/ou revestimento de proteção ou estético:**

Após a uniformização de textura (revestimento estético) ou de intervenções devidas a corrosão de armaduras, pode ser necessária, e deve ser, a aplicação de pintura não apenas com objetivo estético, mas também que vise proteger o concreto, tanto da estrutura reparada, quanto de estruturas novas, contra a penetração de água e gases.

8.2. TÉCNICAS

8.2.1. REPAROS

São chamados de reparos as intervenções que visam corrigir a patologia de um elemento estrutural devolvendo-lhes o desempenho original.

- **Tratamento de fissuras**

O tratamento das fissuras requer a identificação prévia do tipo de fissura, particularmente no que diz respeito à sua atividade. No caso de fissuras ativas, o que se procura não é estabelecer o monolismo da seção, a menos que se elimine a causa que as geraram. Neste caso, promove-se a vedação da fissura com material elástico e não resistente, do tipo resina acrílica ou poliuretânica, de modo a impedir unicamente a degradação do concreto existente.

Nas fissuras passivas, além desta proteção, tem-se como objetivo garantir que a peça volte a trabalhar como um todo. Emprega-se material resistente, em geral nata de cimento Portland ou resina epóxi. Esta última é preferida por ser não retrátil, de baixa viscosidade, com alta capacidade resistente. Além disto, as resinas epóxi endurecerem rapidamente.

Em fissuras menores que 0,1 mm, procede-se a injeção das fissuras sob baixa pressão. Para fissuras maiores, porém pouco profundas, é admissível o enchimento por gravidade. Após o preenchimento das fissuras, procede-se a selagem, que prevê a vedação dos bordos, com o objetivo de arrematar a injeção, protegendo a própria resina. Utiliza-se normalmente uma cola epóxi bicomponente, aplicada com colher de pedreiro.

Para fissuras maiores que 30 mm, a selagem é feita como uma vedação de junta.

- **Reparos superficiais:**

São chamados de reparos superficiais ou rasos, aqueles que a profundidade não ultrapassaram a espessura da camada de cobrimento das armaduras, ou seja, menor ou igual que 2 cm. (≤ 2 cm.).

Podem ser localizados ou generalizados e são exigidos a fim de reparar falhas de enchimento, regularização de lajes, reconstituição de quinas quebradas, erosões ou desgastes, calcinação, desagregação, porosidade ou contaminações que atingiram o concreto de cobrimento das armaduras.

8.2.2. RECUPERAÇÕES

São classificadas como recuperações, as intervenções com intensa redução da seção de concreto exigida no preparo do substrato⁷.

⁷ Superfície de concreto e aço a ser reparada.

- **Recuperações semi-profundas ou de grande extensão:**

São aqueles com profundidade entre 2,0 e 5,0 cm, que atingiram grandes áreas do concreto de cobrimento das armaduras.

Normalmente requer a montagem de formas com cachimbos e verifica-se a necessidade de utilização de escoramento.

- **Recuperações profundas:**

São aqueles que atingem profundidades superiores a 5,0 cm da camada de cobrimento das armaduras. Estes reparos são devidos a aberturas para retirada do concreto deteriorado ou contaminado, com profundidade 1,5 vezes maior que a maior dimensão dos lados da seção da estrutura, por exemplo, os ninhos de ancoragem.

- **Substituição parcial da estrutura, ou, ainda, reparos devidos a corrosão de armadura:**

São aqueles que atingiram parte considerável da estrutura, ou, ainda, que visem interromper o processo de corrosão da armadura, sendo, em certas partes, necessário demolição de toda a seção da peça.

Após todo o concreto que envolve as armaduras ser retirando, deve-se avaliar e aplicar sistemas de proteção do aço, e depois disso concretar o ninho.

Em qualquer caso, a necessidade de escoramento da estrutura deve ser verificada. Tal necessidade pode ser reduzida com a execução do reparo por trechos.

8.2.3. DEMOLIÇÃO E SUBSTITUIÇÃO

Muitas vezes, devido a gravidade dos danos ou riscos ou ainda, devido a mudanças de destinação ou uso de uma estrutura, faz-se necessária a demolição total ou parcial. A demolição normalmente é projetada em função do tipo e porte da estrutura a demolir, assim como dos aspectos condicionantes locais. Podem ser empregados martelos demolidores, explosivos, etc.

- **Substituição total da estrutura:**

Quando a recuperação da estrutura for inviável pela grande extensão dos danos no concreto e/ou nas armaduras a peça deve ser totalmente removida e substituída por uma nova, geralmente concretada *in loco*, pelos processos usuais de execução de uma estrutura.

9. ANÁLISE / COMPARATIVO

9.1. ORÇAMENTO DE RECUPERAÇÃO

Elaborada a planilha de orçamento, com quantitativo de materiais e serviços, de recuperação da estrutura incendiada do edifício em questão, em anexo, estimamos chegar ao valor de **R\$ 824.341,08** (oitocentos e vinte e quatro mil, trezentos e quarenta e um reais e oito centavos).

9.2. ORÇAMENTO DE CONSTRUÇÃO (NOVA EDIFICAÇÃO)

Considerando a edificação em questão, com área total equivalente de 1.844,07m², classificada como Padrão-Normal (R8-N), a os custos de construção nova baseado no CUB (Custo Unitário Básico) de outubro do ano vigente de R\$ 814,33 (oitocentos e quatorze reais e trinta e três centavos) por metro quadrado de construção, estimamos o custo global da construção em **R\$ 1.501.681, 53** (um milhão, quinhentos e um mil, seiscentos e oitenta e um reais e cinquenta e três centavos).

10. CONCLUSÃO

A consciência de que as enfermidades causadas a uma edificação durante um episódio de incêndio trazem danos irreversíveis, incentivando o desenvolvimento de pesquisas relacionadas aos efeitos das altas temperaturas em elementos estruturais e as de aprimoramentos de técnicas de recuperação estrutural tornando este assunto extenso.

Considerando que o segundo pavimento (Depósito), o mais afetado pelo sinistro, encontra-se apenas com 50% de seu carregamento original, uma vez que a edificação era projetada para 7 pavimentos (térreo + 6) encontrava-se apenas com 5 pavimentos (térreo + 4) construídos.

Outro fato importante a considerar é que os pilares da edificação encontravam-se, em grande maioria, com enchimentos de alvenaria, em duas de suas faces, com finalidade de ocultar redes de drenagem pluvial e hidro-sanitárias, servindo assim como barreira para as temperaturas excessivas incidentes sobre as mesmas.

Ao realizar uma comparação entre os orçamentos de reforma e de nova construção, e neste último, ainda, sem considerar os custos com a demolição completa da edificação chegamos a uma conclusão de que o mais viável, financeiramente, seria a RECUPERAÇÃO do edifício em questão.

Aconselhamos, ainda, a contratação de profissionais especializados nesse ramo de atividades para execução do projeto de reforma.

11. BIBLIOGRAFIA

LIMA, R.C.A.; SILVA FILHO, L.C.P.; CASONATO, C.A. *II Seminário de patologia das edificações – “Novos materiais e tecnologias emergentes”*. Porto Alegre-RS. UFRGS, Nov. 2004. Download em 20 de junho de 2009.

FERREIRA, Rui Miguel. *Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão*. 2000. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2000.

LAPA, José Silva. *Patologia, Recuperação e reparo das estruturas de concreto*. Belo Horizonte, 2008. Download em 20 de junho de 2009.

VASCONCELOS, Augusto Carlos de; CARRIERI JÚNIOR, Renato. *A escola brasileira do concreto armado*. 1. ed. São Paulo: Axis Mundi, 2005. 207 p. ISBN 85-85554-34-7.

VELASCO, R. V. *Comportamento tensão- deformação do concreto de alto desempenho submetido a altas temperaturas* In: Simpósio EPUSP sobre estruturas de concreto, 5, 2003, São Paulo - SP. Anais. São Paulo, 2003.

COSTA, C. C. & SILVA, V. P. *Considerações sobre a segurança das estruturas de concreto em situações de incêndio* In: NUTAU 2004 – Seminário internacional – Demandas Sociais, Inovações tecnológicas e a Cidade. Anais. NUTAU/FAU/USP. São Paulo, 2004.

PIANCASTELLI, Élvio Mosci. *Patologia e terapia das estruturas*. Universidade Federal de Minas Gerais.

SEITO, Alexandre Itiu; GILL, Alfonso Antônio; PANNONI, Fábio Domingos; ONO, Rosaria; SILVA, Silvio Bento da; CARLO, Ualfrido Del; SILVA, Valdir Pignatta e. *A segurança contra incêndio no Brasil*. Projeto Editora. São Paulo, 2008.

REIS, Lília Silveira Nogueira. *Sobre a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado*. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.

CASTRO, Gleidismar das Graças Simão. *Um método geral de cálculo para verificação de estruturas de concreto em situação de incêndio*. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

ANEXOS



Pilar P6 – pavimento térreo.



Pilar P26 – pavimento térreo.



Pilar P14 – pavimento térreo.



Pilar P32 – pavimento térreo.



Vigas do pavimento térreo.



Vigas do pavimento térreo.



Vigas do pavimento térreo.



Vigas do pavimento térreo.



Vigas do pavimento térreo.



Laje L1 – pavimento térreo.



Vigas do pavimento térreo.



Laje L5 – pavimento térreo.



Laje L15 – pavimento térreo.



Laje L12 – pavimento térreo.



Pilar P2 – 1º pavimento.



Pilar P7 – 1º pavimento.



Pilar P24 – 1º pavimento.



Pilar P13 – 1º pavimento.



Vigas do 1º pavimento.



Vigas do 1º pavimento.



Vigas do 1º pavimento.



Laje L1 – 1º pavimento.



Vigas do 1º pavimento.



Laje L6 – 1º pavimento.



Vigas do 1º pavimento.



Vigas do 1º pavimento.



Laje L17 – 1º pavimento.



Pilar P7 – 2º pavimento.



Laje L24 – 1º pavimento.



Pilar P14 – 2º pavimento.



Pilar P19 – 2º pavimento.



Vigas do 2º pavimento.



Vigas do 2º pavimento.



Pilar P24 – 2º pavimento.



Vigas do 2º pavimento.



Laje L9 - 2º pavimento.



Laje L20 - 2º pavimento.



Vigas do 3º pavimento.



Vigas do 3º pavimento.



lajes do 3º pavimento.



Vigas do 3º pavimento.



Vigas do 3º pavimento.



Vigas do 3º pavimento.



Vigas do 4º pavimento.



Vigas do 4º pavimento.



Vigas do 4º pavimento.



Laje do 4º pavimento.