

ESTUDO BASEADO NA RESISTÊNCIA DO CONCRETO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO EM RELAÇÃO AO TEMPO

WESTER CARDOSO CAMPOS FILHO¹
KELVIN A. FIGUEREDO MIRANDA²

RESUMO: O concreto é o principal material utilizado na engenharia civil que tem como objetivo juntamente com o aço em resistir esforços. A análise de estruturas executadas de concreto armado em situação de incêndio é realizada a partir de corpos de provas moldados e expostos a grandes temperaturas a um certo período de tempo exposto ao fogo. A estrutura de concreto armado é diretamente prejudicada quando expostos a altas temperaturas e a partir de corpos de provas pode-se analisar essas patologias. O concreto que é um conjunto de materiais específicos também caracterizado por ser um dos materiais mais utilizados no mundo, porém, quando exposto a altas temperaturas pode resultar em grandes perdas de resistência. As NBR's têm como objetivo dar uma assistência em toda a área da engenharia civil e como obrigação todo o engenheiro tem o dever de seguir a norma para que toda edificação tenha uma qualidade fixa e que todos os processos sejam executados de forma correta. A ação dos componentes do concreto durante a temperatura elevada é diferente para cada material que compõe o concreto e pode ser analisado a partir da exposição de corpos de prova em uma churrasqueira e comparar a variação de resistência de compressão e patologias que o concreto pode sofrer. Visando essas situações foi proposto um comparativo entre corpos de prova feitos de concreto e expostos a um certo período de tempo no fogo para visualizar a perda de resistência.

Palavras-chave: Estrutura de concreto armado, Fogo, resistência a incêndios, comparações entre corpos de prova exposto a fogo, incêndio construção civil.

STUDY BASED ON THE RESISTANCE OF CONCRETE IN SITUATION OF FIRE IN RELATION TO TIME

ABSTRACT: Concrete is the main material used in civil engineering that has the objective, together with steel, to resist efforts. The analysis of structures made of reinforced concrete in fire siting is performed from molded specimens and exposed to great temperatures at a time exposed to fire. The reinforced concrete structure is directly damaged when exposed to high temperatures and from these specimens it is possible to analyze these pathologies. Concrete, which is a set of specific materials, is also characterized by being one of the most used materials in the world, however, when exposed to high temperatures it can result in great losses of resistance. The NBR's aim to provide assistance in the entire area of civil engineering and as an obligation, every engineer has the duty to follow the standard so that every building has a fixed quality and that all processes are executed correctly. The action of concrete components during high temperature is different for

¹ Wester Cardoso Campos Filho, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, Rua Gênova, 1430, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: westerfilho@hotmail.com;

² Professor Especialista em Engenharia Civil, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: kelvimafmiranda@hotmail.com

each material that makes up the concrete and can be analyzed from the exposure of specimens in a barbecue and compare the variation in compression strength and pathologies that the concrete can suffer. Aiming at these situations, a comparison was made between specimens made of concrete and exposed to a certain period of time in the fire to visualize the loss of resistance.

Keywords: Reinforced concrete structure, Fire, fire resistance, comparisons between specimens exposed to fire, fire construction.

1. INTRODUÇÃO

O incêndio em construções civis tem se tornado frequente e isso é um problema na vida dos engenheiros. O esforço da engenharia para evitar que incêndios sejam iniciados é alto pois, além de dimensionamentos específicos, diversas normas estão disponíveis para o auxílio do engenheiro e fornecer instruções e maneiras de se executar a construção corretamente.

A edificação deve ser projetada e construída para que suportem os devidos esforços solicitados que aparecem na sua execução e também, ao longo do tempo da estrutura. Estas forças podem ser resultados de cargas permanentes ou móveis (NEVES, 2008).

A estrutura durante o incêndio sofre grandes degradações e perdas altas de resistência dependendo do nível do mesmo. Portanto, todos os projetos devem ser atualizados e cada detalhe vistoriado para se evitar o início do fogo ser ocasionado por conta de um projeto mal executado.

No Brasil, incêndios passaram a atingir residências, comércios, casas de shows, entre outras. Após essa normalidade, engenheiros sentiram a necessidade de projetar estruturas para que resistissem também a um incêndio que pode ser ocasionado pelo sistema elétrico, vazamento de gás e também pela própria culpa humana que pode comprometer a estrutura da edificação (NEVES, 2008).

A parte estrutural de uma construção pode ser completamente comprometida com o incêndio por razão que o aço não é resistente ao fogo. Para garantir que o fogo não alcance o aço é utilizado o concreto, que é um material resistente ao fogo, porém, o concreto é somente resistente e caso for exposto a altas temperaturas por um grande período, sua resistência pode ser prejudicada e por conta da queda da resistência a estrutura pode ser totalmente prejudicada.

Muitos incêndios aconteceram no país, a NBR 15200 (ABNT, 2004) houve somente a sua primeira edição no ano de 2004, até esse momento, tudo tinha as suas próprias maneiras para solucionar um incêndio.

De acordo com a ABNT NBR 6118 e a ABNT NBR 9062, os projetos estruturais de concreto é baseado entre o comportamento dos materiais correlacionado, a estrutura quando está em normal situação, ou seja, quando está em temperatura ambiente (20°C) e quando está em situação de incêndio.

As normas NBR 14323:1999, NBR14432:2001 e NBR 15200:2004 que são respectivamente “Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio – Procedimento”, “Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio” e instruções, estão presentes nessas NBR’s, e apresentam todos os conceitos e a forma de realizar os cálculos com base nas normas.

O estudo sobre esse conteúdo do fogo em estruturas de concreto tem sido feito desde o século XIX, com foco relacionado a edifícios e em todas suas etapas de construção. Suas origens

podem variar desde equipamentos elétricos mal instalados, curtos-circuitos de um projeto mal executado e até atos criminosos.

No Brasil também ocorreu um fato marcante na história que foi o incêndio que aconteceu no museu da língua portuguesa no dia 21/12/2015, o fogo espalhou-se sobre a estrutura de concreto e logicamente degradando toda a parte estrutural, prejudicando e impossibilitando com que a estrutura continue exercendo sua função. Também pode-se notar que além das vidas que poderiam estar dentro do edifício e o patrimônio, esteja se degradando apesar de ter as pessoas que estão ajudando a cessar o fogo.

Todos os projetos precisam estar em dia para que esse tipo de situação consiga ser evitado e que o patrimônio consiga ser preservado com o mínimo de danos possíveis. Assim respeitar todas as normas exigidas e todo tipo de segurança por mais que muitas pessoas ignoram esse tipo de projeto, sempre é necessário fazer, haja vista que é nesse momento que ele é valorizado.

Após o incêndio se alastrar em toda a estrutura tem-se diversas informações sobre o efeito do mesmo na pasta de cimento.

Observado todos esses acontecimentos é de exclusiva importância na engenharia Civil, o engenheiro ter total conhecimento, executar/projetar a construção da melhor forma, com todas as passagens e sinalizações necessárias. Nesta perspectiva, o trabalho dos bombeiros é fundamental neste momento, para que consigam conter o fogo rapidamente após a chegada no local como também sinalizar para as pessoas que estão dentro do edifício evacuarem após o início do incêndio.

Neste permear, o objetivo deste artigo é comparar os corpos de provas produzidos a partir de um concreto usinado, calculado para resistir 30 MPa colocados em situação de alta temperatura e em teste de compressão, para serem analisados as possíveis manifestações patológicas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Concreto

O concreto é uma mistura de vários materiais com proporções de aglomerantes, agregados e água. O aglomerante faz parte do concreto e une as partículas dos materiais. No concreto, geralmente é usado o cimento Portland. Com o tempo, o cimento Portland que reage com a água e endurece. Os agregados são partículas minerais, que podem aumentar o volume da mistura, reduzindo o custo da mesma, dependendo do tamanho característico ϕ , e se dividir em grandes e pequenos agregados. O resultado de todas as informações acima resulta no concreto que é formado por cimento, água, agregado miúdo e agregado graúdo, portanto, argamassa e agregado graúdo. As características após o endurecimento são de boa resistência à compressão, baixa resistência à tração e comportamento frágil, ou seja, rompe com deformações pequenas (SOUZA, 2008).

O concreto armado normalmente é uma combinação de concreto simples e aço composto por barras de aço. Ambos os materiais devem resistir juntos aos esforços previstos pois

o concreto é uma boa solução para a compressão e o aço para a tração, ou seja, todos os esforços serão atendidos pela união do concreto com a armadura de aço (SOUZA, 2008).

2.2 Importância da NBR no Brasil

Segundo Borges (1983) vice-presidente de tecnologia e qualidade do Secovi SP, diretor técnico da construtora Tarjab, o padrão mudou as regras em edifícios civis no Brasil, porque forçou as empresas de construção a projetar e executar projetos para atingir os níveis de desempenho especificados, no projeto ao longo do ciclo de vida da edificação sendo um grande avanço para o Brasil(BORGES, 1983).

Para este trabalho é importante o conhecimento sobre três normas brasileiras: NBR 14323:1999, NBR 14432:2001 e 15200:2004 que serão abordadas na sequência.

2.3.1 NBR 14323:1999

A NBR 14323:1999 aborda o tema de dimensionamento de estruturas de aço e de concreto mistas em situação de incêndio.

Esta norma determina as condições necessárias com base no método do estado limite. projeto de estrutura de aço, estrutura de concreto de aço em caso de incêndio nos edifícios, feitos de perfis laminados, perfis não híbridos soldados e perfis formados a frio, com conexões por parafusos, soldas ou ligações mistas (NBR 14323:1999).

Tem-se como objetivo o dimensionamento de estrutura de concreto armado em situação de incêndio resistir os esforços mesmo em altas temperaturas ou até que todas as pessoas evacuem a edificação, que não prejudique o caminho de evacuação e também não prejudique a aproximação daqueles que irão até o local do incêndio para contê-lo, para evitar que o fogo se alastre em edificações vizinhas (NBR 14323:1999).

A norma 14323:1999 aplica-se a construções que tem como objetivo a habitação, uso comercial, industrial e edifícios públicos (NBR 14323:1999).

2.3.2 NBR 14432:2001

A NBR 14432:2001 retrata as exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações e aborda todos os procedimentos (NBR 14432:2001).

Esta norma determina que toda a estrutura suporte o tempo necessário, que todos os requisitos sejam atingidos para que a fuga dos ocupantes da edificação seja em total segurança, operações de combate ao incêndio seja totalmente seguro, a minimização de dano à edificação e a infraestrutura pública (NBR 14432:2001).

Pode-se citar também o emprego de métodos alternativos avançados, que são reconhecidos internacionalmente que é caracterizado pelo técnico e pelo projeto de segurança.

Além de se englobar essa norma a toda estrutura, também pode-se aplicar aos entrespisos que compõem a estrutura do edifício (NBR 14432:2001).

2.3.3 NBR 15200:2004

A NBR 15200:2004 determina os critérios dos projetos de estruturas de concreto em situação de incêndio. Basicamente a norma ressalta todas as exigências necessárias, para que a edificação seja minimamente prejudicada e que todas as vidas sejam salvas (NBR 15200:2004).

2.4 Ação do fogo sobre os componentes do concreto

O concreto é formado por vários componentes misturados e quimicamente juntos. Durante o incêndio os componentes não reagem da mesma forma (MORALES et al, 2011).

Quando expostos a altas temperaturas os agregados sofrem expansão, dependendo da quantidade de calor que foram expostos o diâmetro do agregado, pode ocasionar a destruição total do concreto. Isso acontece, pois, agregados formam 70% do concreto (ROBERTO, 2011).

Conforme aumenta a temperatura do incêndio, os elementos estruturais sofrem alterações na micro e na macroestrutura do concreto (MORALES et al, 2011).

Os componentes do cimento mostram-se frágeis a temperaturas altas. Conforme a temperatura aumenta gradativamente, reações químicas, aparecimento de fissuras e patologias em geral podem se tornar presente no concreto reduzindo a capacidade da estrutura de resistir aos esforços necessários (CATTELAN, 2005).

O calor é transferido pelo fato de que há diferença de temperatura. Pode-se citar três meios de transferência de calor: condução, convecção e radiação. Na condução, a transferência de energia ocorre por meio das interações entre átomos e moléculas; na convecção, a energia é transportada em forma de calor, denominado deslocamento direto de massa; na radiação, o transporte ocorre por meio de ondas eletromagnéticas que se translocam na velocidade da luz. No incêndio há a presença dos três mecanismos de transferência de energia, porém, no concreto o principal meio de transferência é a condução (BRITZ et al, 2019).

A elevação gradual de temperatura provoca efeitos distintos no concreto e nas argamassas, pode-se verificar alteração na coloração, perda de resistência mecânica, esfrelamento superficial, fissuração até a própria desintegração da estrutura (MORALES et al, 2011).

A reação da argamassa quando exposta a grandes temperaturas retrata no aumento de fissuras internas por razão da perda d'água (JOSÉ, 2011).

Os lascamentos ocorrem por razão da pressão interna de vapor que está presente nos poros do concreto e conforme a temperatura se eleva a pressão aumenta gradativamente (SCARABELLO e SOMINGUES, 2007).

Entre as possíveis causas da estrutura suportar colapso de alta temperatura, somente atingiu a temperatura máxima, tempo de exposição ao fogo, traço do concreto, tipo de estrutura e velocidade de resfriamento (MORALES et al, 2011).

Segundo Rosso (1975), o incêndio no edifício consiste em três etapas: etapa inicial, intermediária e final. Na fase inicial ocorre o aumento significativo da temperatura. Nela o efeito do fogo na estrutura é pequena. Nessa etapa passa-se a atingir 300°C, em que a partir desse momento a resistência da estrutura começa a ser afetada.

A transição do estágio inicial para o estágio intermediário também pode-se chamá-lo de combustão viva. À medida que a temperatura aumenta violentamente, a chama começa a se espalhar incontrolavelmente onde é conhecida como Flash Over, que significa o ponto irreversível do fogo. Segundo Rosso (1975), nesse estágio do incêndio chega a altas temperaturas entre 1250°C até 1300°C (MORALES et al, 2011).

No estágio intermediário o efeito do dano ao concreto é maior de acordo com sua duração. Sofre uma perda de resistência mecânica.

A característica do último estágio é reduzir o incêndio até a sua extinção e os danos causados à estrutura, é completamente proporcional a duração do incêndio. Quando se resfria a estrutura de uma forma muito brusca pode-se perder uma maior quantidade de resistência, porém, se realizado o resfriamento lento consegue-se recuperar até 90% da resistência, dependendo da temperatura máxima atingida (MORALES et al, 2011).

O concreto tem uma excelente resistência ao fogo, logo demora ser atingido alguma parte da função estrutural, e também pode-se citar que o concreto tem um grande desempenho

satisfatório, que significa que tem uma alta capacidade de suportar cargas, resistência ao fogo e a transferência de calor (MORALES et al, 2011).

De fato, a perda de umidade no concreto causará uma diminuição na sua resistência e do módulo de deformação. Portanto, é importante compreender o comportamento do concreto em relação ao fogo.

Existem vários efeitos devido a temperatura no concreto. Rosso (1975) demonstra os seguintes comportamentos:

Quadro 1: Efeitos devido a temperatura no concreto

Temperatura (°C)	Descrição
100 - 500°C	Descamação, “Explosive spalling” inicia-se a desidratação do gel de C-S-H, a 300°C aumentará até 400°C.
200°C	Por consequência da perda de água ocorre a retração e seus agregados dilatam.
300°C - 400°C	Processo inicial do aparecimento de fissuras e formação de silicatos.
400°C - 500°C	Retração acentuada por consequência da perda de hidróxido de cálcio.
500°C - 600°C	Desidratação acelerada do hidróxido de cálcio.
600°C e 700°C	O CaCO_3 inicia a transformação para CaO e o processo de liberação do CO_2 .
800°C a 870°C	Tem-se a retração por desidratação de água e expansão do Quartzo

Fonte: Rosso (1975)

Segundo Rosso (1975) os danos significativos se iniciam em 300°C, pode-se dizer que é onde se inicia os danos consideráveis no concreto em relação a sua resistência.

Nota-se também alteração na coloração do concreto, dilatações dos agregados, e uma diferença notável em sua tonalidade a partir de 600°C. Conclui-se que o incêndio tem diversas etapas, que cada material reage de uma certa maneira, e a cada minuto que se passa mais resistência se perde, o que resulta em uma mínima chance de recuperação da estrutura. A tabela 1 a seguir pode-se visualizar todas as características do concreto em situação de superaquecimento (Rosso,1975).

Quadro 2: Características do concreto superaquecido

Temperatura	Cor	Aspecto Visual/Desempenho
<250	Cinza	Perda de resistência pequena e irregular.
285-300	Cinza-Róseo	Fissuração superficial, lascamento explosivo(vapor).
300	Rosa	Início de mudança de cor.
50 – 400		Redução do módulo de deformação.
535-550	Roxo	Fissuração profunda – friabilidade superficial.
575	Vermelho Pálido	Pipocamento dos grãos de quartzo.
650	Cinza esbranquiçado	Perda das propriedades mecânicas.

790 – 800		Lascamento do revestimento das armaduras, com exposição até 25% da superfície das mesmas.
900	Amarelo alaranjado	Superfície pulverulenta.
100	Amarelo Claro	

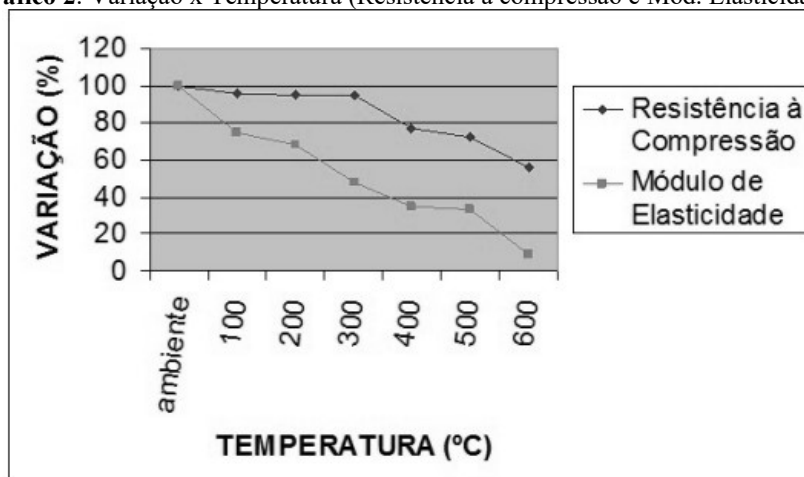
Fonte: Rosso (1975) apud Neville (1923)

A perda de resistência quando o agregado não contém sílica, como é o caso das rochas calcárias, rochas ígneas básicas são menores. Logo, as perdas de resistências que estão abaixo dos 300°C podem ser desconsideradas, entretanto, temperaturas acima de 300° já denigre a integridade da estrutura (Neville, 1923).

Consegue-se recuperar 90% da resistência, caso a temperatura não passou de 500°C utilizando a reidratação. Temperaturas entre 600°C e 700°C em muitos dos casos resultam em perda total e irreversível das propriedades. (Morales; Campos; Faganello, 2011).

Pode-se analisar por meio do gráfico 01 a seguir, as perdas de resistência por meio do calor.

Gráfico 2: Variação x Temperatura (Resistência à compressão e Mod. Elasticidade)



Fonte: Neville (1923)

3. MATERIAIS /E MÉTODOS

Todo o concreto foi disponibilizado pela empresa Concrenop e todos os corpos de prova foram moldados na obra, com moldes diretamente disponibilizados pela empresa acima citada e alguns outros disponibilizados pela empresa Accion Engenharia.

Foram moldados 9 corpos de prova e deixados em obra para a secagem do concreto. Logo após a secagem, foram retirados da obra e levados para o processo de cura por 21 dias em uma solução de água misturada com cal, conforme sugere (DIAS, 2017).

Logo após o processo de cura ser finalizado, os corpos de prova foram levados para uma churrasqueira aquecida com carvão e lenha em temperatura entre 200 a 400°C.

A temperatura foi monitorada inicialmente por um termômetro digital, porém, o termômetro conseguiu marcar até somente 112° C e após esse valor se encontrava em erro pois não

era capaz de atingir uma superfície por conta do calor. Portanto segundo o Jornal da UNICAMP (2001), uma churrasqueira com carvão e lenha tem a capacidade de variar sua temperatura entre 200°C a 400°C. O modo que os corpos de prova foram monitorados, em relação ao tempo que permaneceram em queima, foi a partir de um cronômetro.

O primeiro corpo de prova foi rompido sem ser levado ao fogo pois era necessário ter a informação de qual foi a máxima da resistência atingida. E a partir do segundo até o nono corpo de prova foram todos levados ao fogo em temperatura entre 200 a 400°C e todos os corpos de prova foram colocados no fogo conforme demonstra a figura 4.

Figura 4: Modo que foram aquecidos todos os corpos de prova



Fonte: Própria (2020).

O equipamento utilizado para romper os corpos de prova chama-se prensa hidráulica e foi usado para romper todos os corpos de prova após a queima em fogo.

Ainda foi realizado uma análise visual quanto a características dos CPs após a queima.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar os valores de resistência dos CP's de acordo com o tempo de queima na tabela 2

Tabela 2: resistências dos CP's de acordo com o tempo de queima

Corpo de Prova	Tempo (minutos)	Resistência (MPa)
1º	0	28,83
2º	6	28,76
3º	9	29,40
4º	12	25,80
5º	15	28,20
6º	18	25,9
7º	33	29,13
8º	36	25,4
9º	39	25,00

Fonte: Própria (2020).

Houveram variações irregulares conforme ilustrado na tabela 2, porém nota-se que no 7º, 8º e 9º corpo de prova começou a ter uma queda considerável de 29 MPa para 25 MPa, conforme Rosso (1975) afirma, os corpos de prova podem ter uma variação de resistência irregular.

Nota-se que após os CP's serem retirados do fogo cria-se pequenas patologias ao redor do concreto. Durante o transporte até a prensa hidráulica, como o corpo de prova estava muito quente, dava para notar que ele constantemente expelia água no local onde estava para ser transportado. Antes dos concretos chegarem até a faculdade Fasipe para serem rompidos, era perceptível o barulho que saía do corpo de prova por conta da temperatura alta. O modo em que o concreto se rompeu na prensa hidráulica foi notavelmente diferente por conta de sua temperatura.

Após a queima, verifica-se na figura 5 como ficaram os CPs. A figura mostra em 5A o CP que não passou pela queima, ou seja, o mesmo foi apenas moldado em laboratório para ser um padrão de análise.

A figura 5B não demonstra grandes mudanças na coloração do concreto e não há aparições de fissuras após retirado do fogo.

A figura 5C logo após o CP ter sido retirado da churrasqueira era impossível realocar o concreto com as mãos, nota-se o início de pequenas patologias na parte inferior do corpo que antes não estavam presentes.

A figura 5D apresenta maior aparição de patologias, pode-se visualizar pequenas “bolinhas” em toda a região do corpo de prova definido como patologia e após a retirada da churrasqueira exalava um pequeno barulho de queima devido a sua alta temperatura e sua coloração começa a ser atingida.

A figura 5E apresenta grande degradação do corpo de prova e principalmente a sua superfície completamente atingida pelo fogo, grandes barulhos estavam presentes no corpo de prova devido à alta temperatura e nota-se que o CP continua sendo prejudicado em relação a sua coloração.

A figura 5F manteve a mesma coloração das figuras D e E, porém, houve maior degradação do corpo de prova e era notável ainda mais os barulhos que saíam do corpo de prova.

A figura 5G teve sua coloração totalmente degradada por conta do fogo e pelo tempo exposto, ocorreu esfarelamento do corpo de prova, grandes perdas de água do CP notável no piso abaixo, pequenas fissuras na superfície do corpo de prova e os barulhos continuaram aumentando devido o CP ficar maior tempo exposto ao fogo.

A figura 5H teve toda superfície externa do concreto prejudicada, grandes barulhos saindo do concreto por razão da alta temperatura, fissuras e patologias profundas prejudicando totalmente o corpo de prova e constata perda de água notável na superfície do concreto.

A figura 5I que foi o corpo de prova com mais tempo exposto ao fogo, teve sua superfície totalmente degradada, grandes barulhos saindo do concreto devido à alta temperatura, perda de água notável na superfície do concreto e no local onde estava armazenado.

Nota-se que quanto maior tempo exposto ao fogo mais frequente se torna as patologias e a perda da coloração natural do concreto.

Figura 5: Análise visual dos CPs após a queima

5. CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado pode-se concluir que a variação da resistência dos corpos de prova foi notável, pois todos foram expostos a mesma intensidade de fogo.

Assim, foi possível notar a variação inicial que houve e uma leve queda no 6º 8º e 9º corpos de prova. O concreto é um conjunto de materiais muito resistente ao fogo e que cumpre o seu objetivo porém até um certo período de tempo. Claramente não é possível atingir mais de 800°C em uma churrasqueira normal. Dessa forma, pode-se apontar a partir da variação corpos de prova expostos no fogo que a tendência da resistência era ser reduzida por razão da alta temperatura, porém, se o corpo de prova for exposto a um tempo maior, irá atingir diretamente a resistência do concreto e reduzir ainda mais a resistência.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14323:1999 **Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio – Procedimento.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14432:2001 **Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15200:2004 **Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 **Estruturas de concreto armado.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14432 **Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações.**

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto Apostila.** São Paulo: Pini, 1923.

ROSSO, T. **Incêndios e arquitetura. Apostila.** São Paulo: FAUUSP, 1975.

COSTA, C. N.; SILVA, V. P. **Estruturas de concreto em situação de incêndio.** In: JORNADAS SULAMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL, 30., 2002, Brasília. Anais... Brasília: PECC-UnB/ ASAAE, 2002.

SILVA, V. P. **Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio:** conforme ABNT NBR 15200:2012. Ed. Blucher, 2012.

VIANA, A. C. C. In: ANAIS DO 56º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2014. Anais: **Concreto: alteração da resistência à compressão quando exposto a altas temperaturas,** Santa Catarina, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7480:2007 **requisitos exigidos para encomenda, fabricação e fornecimento de barras e fios de aço destinados a armaduras para estruturas de concreto armado, com ou sem revestimento superficial.**

JOSÉ, Lopes Zabeu. **Comportamento de estruturas de concreto de edifícios industriais compartimentados submetidos à situação de incêndio.** 2011. Trabalho de pós-graduação da faculdade de engenharia civil, arquitetura e urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

SCARABELLO, Ricardo Cuoghi. **Aspectos de análise de risco das estruturas de concreto em situação de incêndio.** 2007. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP.

CATTELAN, Rogério de Lima. **Investigação do comportamento de concretos em temperatura elevada.** 2005. Programa de pós graduação em engenharia civil Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BRITEZ et al, C. Britez, M. Carvalho, P. Helene. **Ações e efeitos deletérios do fogo em estruturas de concreto.** 2019. Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción

ROBERTO, Paulo Silva Costa. **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO SUJEITAS A ALTAS TEMPERATURA.** 2011. Monografia Universidade Federal de Minas Gerais.