

AÇÃO DE ALTAS TEMPERATURAS COM A ADIÇÃO DA MICROFIBRA DE POLIPROPILENO EM CONCRETOS CONVENCIONAIS E DE ALTA RESISTÊNCIA

Carlos Augusto da Silva Júnior¹
Fabrine Aparecida Santos do Carmo¹
Rita de Cássia Teixeira Assis²
Paulo Roberto de Azevedo Souza³
fabrine07@outlook.com

RESUMO

A natureza disponibiliza, desde os primórdios da humanidade, abrigos naturais para a proteção e o bem estar da população. No entanto, com os avanços da tecnologia, as edificações foram necessitando de estruturas mais complexas. Com isso, novos elementos foram incluídos na metodologia de construção, dentre eles o ferro e o cimento, sendo o concreto o composto mais utilizado feito através da mistura de cimento, agregados e a água. No entanto, o concreto não era suficiente para resistir aos esforços de tração, sendo assim, o ferro foi envolvido no concreto, formando o que hoje é conhecido como concreto armado. O concreto devido principalmente a sua baixa condutividade térmica, é resistente ao fogo, mas sofre reações físico- químicas quando exposto a altas temperaturas. No caso de concretos com resistência mais elevadas ocorrem ainda os deslocamentos explosivos, gerando a redução da capacidade da carga estrutural da edificação. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho é analisar o comportamento do concreto quando adicionado fibras de polipropileno submetidos a elevadas temperaturas. Apesar do benefícios notados no presente trabalho, conclui-se que os corpos de provas devem passar pelo processo experimental para obter resultados mais precisos.

PALAVRAS-CHAVE: Estruturas de concreto; Altas temperaturas; Resistência ao fogo.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade, o homem constrói seus próprios abrigos através da utilização de matérias-primas que a natureza dispunha ao seu redor. Segundo Oliveira et al. (1969) o ser humano utilizava inicialmente abrigos naturais como grutas e cavernas, sempre pensando em sua auto proteção devido a fatores

¹ Acadêmicos do 10º período do curso de Engenharia Civil da Faculdade Vértice Trirriense – UNIVÉRTIX.

² Graduada em Engenharia Civil; Especialista em Docência do Ensino Superior e Estruturas de Concreto Armado; Mestranda em Ambiente Construído; Professora do Curso de Engenharia Civil da Faculdade UNIVÉRTIX.

³Graduado em Tecnologia de Processamento de Dados. Mestre em Informática. Professor do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Vértice Trirriense – UNIVÉRTIX.

climáticos e predadores naturais. Em diversos lugares do mundo, há possibilidade de encontrar abrigos rupestres com paredes de pedra, mas com material vegetal de cobertura, que pode ser um considerável formato morfológico e cronologicamente primário de habitação. De acordo com Amorim(1996, pg. 266) :

“conjugados com novas soluções em termos de projeto, os novos insumos podem, também, provocar uma alteração significativa nos patamares de preço, levando a novos padrões de concorrência entre empresas e resultando numa vantagem perceptível ao usuário.”

Consequentemente, através do desenvolvimento tecnológico, as estruturas estão se tornando mais complexas, assim se faz necessário, a aplicação de conhecimentos científicos na área, fazendo com que seja planejada todas as etapas da edificação e seu comportamento estrutural posterior. Desta maneira, novos elementos foram incorporados sobretudo o ferro e cimento, possibilitando o aparecimento de estruturas grandiosas compondo a paisagem urbana mundial. O material mais utilizado na construção é o concreto que é feito inicialmente a partir da mistura de cimento, agregados (grãos e miúdos) e água.

De acordo com Figueiredo (2011), apesar de o concreto ser um material muito resistente a compressão ele não tem uma boa resistência a tração, devido a solicitação dos esforços de tração na estrutura, incorpora-se o aço no concreto (concreto armado) para que a estrutura cumpra sua função básica estrutural. O concreto armado tem utilização em diversos tipos de construção. O mesmo possui como principais vantagens e as seguintes características, conforme explica LEONHARDT e MÖNNIG (2008, p.2):

É facilmente moldável: o concreto fresco adapta-se a qualquer tipo de forma, as armaduras de aço podem ser colocadas de acordo com o fulcro dos esforços internos;
É resistente ao fogo, às influências atmosféricas e ao desgaste mecânico;
É próprio para estruturas monolíticas, que, por serem muitas vezes hiperestáticas, apresentam uma elevada reserva de capacidade resistente e segurança;
É econômico, dispensando, via de regra, qualquer manutenção ou conservação.

Mas como nem todo material é extremamente perfeito, “o concreto-armado apresenta algumas desvantagens, uma delas é o enorme peso próprio estrutural, pouca proteção térmica e reformas ou demolições são trabalhosas e caras.” (LEONHARDT e MÖNNIG, 2008, p.2).

No Brasil as estruturas de concreto são muito utilizadas, sua eficácia quando exposto à ação do fogo está relacionada a um fator concernente que é o seu

isolamento quanto ao calor, fazendo com que ele não atinja a armadura de aço, pois a mesma após submetida a temperaturas acima de 360°C tem o seu limite de alongamento e de escoamento decrescidos rapidamente. Além disso, desde 1940 tem se investigado o efeito de temperaturas elevadas apenas sobre o concreto, constatando influência do fogo sobre o comportamento deste material. MEHTA e MONTEIRO (1994) afirmam que o concreto apesar de ser resistente ao fogo, quando exposto a altas temperaturas sofre reações físico-químicas que comprometem o seu desempenho, logo comprometendo o bom funcionamento da estrutura.

Dentro dos parâmetros para as edificações resistirem ao fogo a NBR 14432: “Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento”, define que a severidade ou potencial destrutivo dos incêndios, condicionados por fatores, entre outros, associados a: tipo de ocupação, área, profundidade do subsolo, altura da edificação, facilidade de acesso para combate ao incêndio. Motivados por esse fator e com o objetivo de propor uma mistura de concreto que resiste a elevadas temperaturas, este artigo está dividido em uma revisão bibliográfica e experimentos em laboratório, nos quais analisaremos as reações dos corpos de prova quando expostos às altas temperaturas e em seguida a avaliação de tal experimento.

Hoje, mesmo com tantos avanços por parte da tecnologia, ainda há uma carência de estudos nessa linha, segundo Costa e Silva (2008) alguns estudos suíços apresentam diferenças de comportamento entre concreto convencional e o de alta resistência, pois apesar da normativa térmica do concreto de alta resistência ser a mesma utilizada em concretos convencionais, estes devido a redução de sua porosidade têm uma maior sensibilidade às altas temperaturas.

Desse modo, pode se considerar duvidosa a aplicação dessa normativa para projetos que utilizam concretos de alta resistência, se fazendo necessário uma atualização e ou aperfeiçoamento dessas normas. Assim, neste trabalho será analisado se é possível reduzir os danos provocados pela ação de altas temperaturas com a adição da microfibras de polipropileno em concretos convencionais e de alta resistência, com intuito de impedir essa possibilidade enorme de colapso estrutural em um real cenário de fogo (Incêndio).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nessa seção apresentaremos alguns trabalhos relacionados que foram selecionados em nossa revisão bibliográfica, com características e diferentes abordagens de cada trabalho. Todos apresentam a relação do efeito de altas temperaturas quando relacionado ao concreto convencional ou de alta resistência.

2. 1- EFEITO DE ALTAS TEMPERATURAS NO CONCRETO

A estrutura de concreto é formada através de partículas de agregados, que podem ser divididas em agregados miúdos e graúdos em um meio contínuo aglomerante. De acordo com (MEHTA & MONTEIRO, 1994) o concreto é um material bifásico, formado por partículas de agregados dispersas em uma matriz cimentícia.

Figueiredo (2011, p. 1327) afirma que o concreto é um material que possui uma série de limitações, como o comportamento marcadamente frágil e a baixa capacidade de deformação apresentada antes da ruptura quando o material é tracionado. Em elementos de concretos podemos considerar a alta resistência ao fogo uma das vantagens, se comparado aos outros elementos estruturais, devido as alterações de comportamentos proporcionadas pela evaporação da água da matriz cimentícia. No entanto, pesquisas têm demonstrado que existem substâncias com diferenças de comportamento frente ao calor quando se lida com concretos de mais alta densidade (PHAN & CARINO; 1998; KODUR, 1997).

Durante um incêndio ocorre o deslocamento das camadas superficiais quentes das camadas mais frias, isso acontece quando temos um concreto com umidade exposta a uma elevada temperatura, fenômeno conhecido como spalling. O trabalho relacionado adota para análise dos danos causados em uma estrutura de concreto armado, quando expostos a elevadas temperaturas, o efeito macroestrutural e o microestrutural. Em relação a análise do concreto em nível macroestrutural temos a alternativa de controlar os deslocamentos com os incorporadores de ar e recentemente, as fibras de polipropileno tem sido uma alternativa apresentada por alguns pesquisadores. Na análise do concreto em nível microestrutural ocorrem transformações físicas e químicas (ALONSO et al, 2003).

O portal do concreto (2013, apud LIMA, 2014, p. 36) afirma que:

O Concreto de Alto Desempenho é bem resistente, que além da elevada resistência apresenta maior durabilidade, menor porosidade, maior impermeabilidade, maior coesão e de elevada trabalhabilidade, em função da utilização de superplastificantes. Normalmente recebe adições minerais tais

como sílica ativa ou metacaulium. Estas adições minerais reagem com a cal livre originária do processo de hidratação do cimento.

Segundo Anson et al (1999) os concretos de alta resistência têm pequenos poros sem muita ligação entre eles, sendo assim, como o concreto a uma temperatura a partir de 100° C começa a ter sua permeabilidade dobrada devido ao tamanho dos poros que se aumenta através da água absorvida vaporizada e desidratação das fases hidratadas, levando a perda relativa da resistência a compressão, módulo de elasticidade e fazendo com que ocorra o lascamento explosivo, concretos que tem em sua composição aditivo de sílica ativa são mais susceptíveis a esse lascamento.

De acordo com Bonen (2006) as mudanças nas propriedades mecânicas do concreto submetido a alta temperatura está relacionada com a umidade evaporada, física ou quimicamente. A maneira de avaliação da variação dessa umidade que apresenta uma melhor praticidade é monitorar a perda de massa, deste modo, há existente três etapas da perda de massa de acordo com o aumento da temperatura, a primeira fase ($\leq 200^{\circ}\text{C}$) a perda tem aumento rápido atribuído a água evaporada dos capilares ocorrida através de processo físico. Ao variar entre 200° C e 400° C, a água do gel de C-S-H evapora reduzidamente, pois é difícil a água dos poros intermediários conseguir sair e por fim, na terceira fase ($\geq 400^{\circ}\text{C}$) a pasta de cimento e os agregados são decompostos através de um processo químico correspondente a evaporação da água quimicamente combinada. (CARINO e PHAN, 1998).

Na região do sul do Brasil, o Laboratório de Ensaio e Modelos Estruturais (LEME) é um referencial de pesquisas relacionadas aos os efeitos de altas temperaturas, uma atividade de grande reconhecimento é a Metodologia para a Análise do Estado de Degradação de Prédios Estruturados Submetidos à Ação do Fogo (KLEIN & CAMPAGNOLO, 2001). Atualmente, estão direcionados nas análises citadas anteriormente, micro e macroestrutural de concreto, para encontrar medidas viáveis para a diminuição dos efeitos nocivos das altas temperaturas, que podem resultar melhorias no projeto e execução das edificações, tornando as estruturas mais seguras quando em situações de incêndios.

2. 2- ESTUDO DO EFEITO DA MICROFIBRA DE POLIPROPILENO EM CONCRETO EXPOSTO A ALTAS TEMPERATURAS

De acordo com Bonifácio (2001) ao se adicionar microfibras de polipropileno na mistura do concreto, ele tem o seu comportamento melhorado em relação de ocorrer lascamentos explosivos. Ao se aquecer as microfibras são decompostas, aumentando a porosidade do concreto, ou seja, gerando espaços vazios, que possibilitam a escapada do vapor que o aumento da temperatura gera, deste modo, impedindo que ocorra o lascamento explosivo.

Em seu estudo Figueiredo (2011, p.1332) afirma que:

Ao adicionar fibras de resistência e módulo adequado ao concreto num teor apropriado, esse material deixa de ter o caráter marcadamente frágil. Isso ocorre pelo fato da fibra servir como ponte de transferência de tensões pelas fissuras, diminuindo a concentração das mesmas nas extremidades da fissura.

Deste modo, a velocidade de propagação de fissuras é diminuída drasticamente, de maneira a demonstrar comportamento não frágil ou pseudo-dúctil. Ao reforçar o concreto com microfibras, ele passa a apresentar uma melhor resistência pós fissurado, descaracterizando o desempenho fragilizado que o material apresenta ao ser tracionado, assegurando assim uma menor fissuração do concreto. (QIAN e STROEVEN, 2000)

Devido ao baixo módulo de elasticidade das microfibras de polipropileno e de elas poderem se distribuir perfeitamente por todo o concreto, nas camadas que contornam os elementos e em torno dos agregados, evitando que se forme e se propague trincas perante a elevados níveis de tensões. (KALIFA et al, 2001). Quando exposto ao fogo a utilização no concreto diminui de maneira considerável a incidência do lascamento explosivo, de acordo com Castro (2011, p.28) este é “o efeito função da densidade da matriz, da umidade inicial das amostras, do tipo e da quantidade de agregado, espessura e comprimento das fibras e da taxa de aquecimento adotada.”

Segundo Bonifácio (2014) as microfibras de polipropileno têm pouca contribuição para com a capacidade de absorver a energia de concretos após serem expostos ao fogo, melhorando de maneira discreta a tenacidade sem aquecer o concreto.

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Além da composição de uma consistente revisão bibliográfica e os levantamentos de informações para discutir os resultados esperados.

Neste estudo, foi utilizada a pesquisa bibliográfica com levantamento das informações sobre o assunto e a seria feita a pesquisa experimental com o teste de laboratório para analisar as exposições dos corpos de provas quando submetidos a altas temperaturas, mas com avanço do novo Coronavírus (COVID-19), estes ensaios não foram realizados, com isso, os resultados foram discutidos através de bases de dados de trabalhos similares executados. A revisão bibliográfica se objetiva em familiarizar o leitor ao problema, visando tornar o estudo mais compreensível e ou o levar a construir hipóteses (PRODANOV, 2013).

Nos últimos séculos, o método experimental de estudo tem sido altamente inovador no campo científico, transformando assim a nossa sociedade. Por isso, a necessidade de aplicar o método experimental ao se realizar estudos no campo da engenharia civil, pois desta maneira, podemos recriar situações adversas e testar comportamentos estruturais em diversos subcampos possíveis desta disciplina. Segundo Gil (2008) esta metodologia de estudo tem a incumbência de aplicar variáveis ao objeto de estudo, o condicionando de forma controlada e conhecida pelo investigador, observando os resultados que foram obtidos nos experimentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante da pesquisa realizada através de vários Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC), Artigos, Revistas e Livros, concluímos que o resultado para a adição de fibras de polipropileno em concretos convencionais ou em concretos de alta resistência, quando expostos a altas temperaturas, de maneira geral, os traços com adições baixas e médias de fibras comportaram-se visualmente de uma maneira significativamente melhor quando comparados ao traço sem adição de fibras, segundo CASTRO (2017).

A exposição a altas temperaturas pode resultar em perda de rigidez, redução de resistência mecânica e do módulo de elasticidade, podendo acarretar no colapso por instabilidade das peças (LIMA, 2005, KODUR & PHAN, 2007, COSTA et al, 2002).

Provocando no concreto diversas alterações, entre elas a redução da sua resistência à compressão.

Bastami et al (2011) discutiu o efeito da temperatura sobre a resistência à compressão, o spalling e a perda de massa em concretos de elevadas resistências com e sem adição de sílica ativa ($f_{ck} > 65$ MPa). Observou-se que todos os cp's testados deterioraram-se na temperatura acima de 600°C , essa redução da resistência à compressão está ligada a desidratação do concreto, e ainda foi notado que a relação do fator água/cimento (a/c) influenciava nos resultados, sendo que quanto maior fosse o fator a/c , maior era a resistência residual. O concreto danificado pode ter sido notado em todas as amostras expostas a temperaturas superiores a 300°C , com algum tipo de perda de massa e spalling.

No estudo feito por Husem (2006), foram comparadas amostras de um concreto de resistência convencional (CRC) de 34 MPa e de alto desempenho com 71MPa (com uso de SP), foi demonstrado que a resistência à flexão tanto quanto à compressão, diminuem com o aumento da temperatura, sendo que nas amostras resfriadas com água esta queda é mais acentuada. Observou-se ainda que nas amostras do CAD a queda era menor quando comparadas ao CRC.

Já no estudo realizado para comparar os efeitos a resistência à compressão e à tração de concretos de altas resistências submetidos a elevadas temperaturas, com e sem fibras de PP, por Behnood & Ghandehari (2009), nas amostras sem adição de fibra, a resistência à compressão a temperatura ambiente situou na faixa entre 60 a 85 MPa e à tração dos concretos ficaram entre 4,5 e 6,5 MPa à temperatura ambiente. Conforme, os estudos citados acima, notou-se que ambas as resistências vão diminuindo à medida que se aumenta a temperatura.

Para Castro, (2017) os resultados expostos permitem comparar o desenvolvimento das resistências dos corpos-de-prova para cada traço, evidenciando a perda ou ganho de resistência à compressão. No qual, para os traços com composição de fibras de PP, houve uma maior resistência conforme desejável quando expostos a 200°C . No entanto, quando expostos a temperaturas acima de 400°C não houve uma influência significativa. Castro, (2017) afirma que o concreto sem adição de fibras possui um comportamento aos que possuem em sua composição as fibras, após a exposição de temperaturas superiores a 400°C .

Com isso, a avaliação da resistência e o comportamento das fibras de PP podem ser descritas de acordo com o projeto de cada experimento, levando em conta os traços utilizados e as temperaturas a serem expostas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou avaliar o comportamento dos concretos de resistência normal e de alta resistência quando submetidos a elevadas temperaturas, verificando ainda, se a incorporação de fibras de polipropileno na matriz de concreto poderia ser usada avaliando as resistências mecânicas do concreto. Sendo assim, analisadas as bases de dados é possível afirmar que o desempenho quanto à resistência das fibras de polipropileno monofilamentadas adicionada ao concreto é em quantidades moderadas.

No entanto, na presença de tal pandemia enfrentada por todos neste ano de 2020, demonstrou-se inviável a realização de ensaios que pudessem gerar resultados mais satisfatórios e precisos em relação aos traços dimensionados, pois para realização do ensaio, necessita-se de um forno para submeter os corpos de provas as altas temperaturas e realizar ensaios de compressão e flexão nos mesmos, e os locais que disponibilizam de tal aparelhagem, estão temporariamente fechados para a prevenção de todos os envolvidos no ensaio. Diante desse resultado, para trabalhos futuros sugerem-se a prática experimental do traço supracitado acima e a variação de mais temperaturas de exposição.

6- REFERÊNCIAS

AMORIM, S. L. **Inovações tecnológicas nas edificações: papéis diferenciados para construtores e fornecedores.** Gest. Prod., São Carlos, v. 3, n. 3, p. 262-274. 1996. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X1996000300003&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 26 fev. 2020.

ANSON, M; PENG, G. F; CHAN, Y. N. **Residual strength and pore structure of high-strength concrete and normal strength concrete after exposure to high temperatures.** Department of Civil and Structural Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Kowloon, Hong Kong, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5628: Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo.** Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 5738: Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 5739: Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 7222: Concreto e argamassa: Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 8522: Concreto: Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformações e da curva tensão-deformação.** Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 8953: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência.** Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 9939: Agregado graúdo: Determinação do teor de umidade total – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 14432: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações.** Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 15200: Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio.** Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR NM 67: Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco do cone.** Rio de Janeiro, 1998.

BASTAMI, M; CHABOKI-KHIABANI, A; BAGHBADRANNI, M; KORDI, M. **Performance of high strength concretes at elevated temperatures.** Scientia Iranica, Iran, v. 18, p. 1028–1036, 2011. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1026309811001817>> Acesso em: 23 de maio de 2020.

BONEN, D; MATESOVÁ, D; SHAH, S. P. **Factors affecting the resistance of cementitious materials at high temperatures and medium, heating rates.** Mater Struct 39, 455 (2006). Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11527-005-9041-4>> Acesso em: 20 de março de 2020.

BONIFÁCIO, J. S. R. **Estudo do Efeito das Fibras de Vidro e Polipropileno nas Propriedades Mecânicas do Concreto.** Universidade do Extremo Sul Catarinense. Santa Catarina, 2014.

CARINO, N. J; PHAN, L. **Review of Mechanical Properties of HSC at Elevated Temperature.** Journal of Materials in Civil Engineering - J MATER CIVIL ENG. 1998.

CARINO, N. J; PHAN, L. **Code provisions for high strength concrete: strenght-temperature relationship at elevated temperatures.** Journal of Materials in Civil Engineering - J MATER CIVIL ENG. 2003

COSTA, C. N; SILVA, V. P. **Dimensionamento de elementos de concreto armado em situação de incêndio.** 2008. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3144/tde-04092008-155911/pt-br.php> >. Acesso em: 10 de Abril de 2020.

CASTRO, A. L. de; TIBA, P. R. T.; PANDOLFELLI, V. C. **Fibras de polipropileno e sua influência no comportamento de concretos expostos a altas temperaturas : revisão.** Cerâmica, São Paulo, v. 57, n. 341 , p.22-31, mar. 2011.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto com fibras. Concreto: Ciência e Tecnologia.** São Paulo: G. C. Isaia, 2011, v2. p.1327-1332.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
KALIFA, P; MENNETEAU, F. D; QUENARD, D. **Spalling and pore pressure in HPC at high temperatures.** Cement and Concrete Research. v.31. pg. 1487-1499. 2001

KHOURY, G. A. **Polypropylene fibers in heated concrete.** Magazine Concrete. v.60. pg. 189-204. 2008.

LEONHARDT, F; MÖNNING, E. **Construções de concreto, vol 1: princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado;** tradução de David Fridman, revisão técnica de João Luís Escosteguy Merino e Pedro Paulo Sayão Barreto. -2.reimpr. - Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

LIMA, C. I. V., COUTINHO, C. O. D., AZEVEDO, G. G. C., BARROS, T. Y. G., TAUBER, B. C., LIMA, S. F. **Concreto e suas inovações.** Caderno de graduação, v. 1, n. 1, pg. 31-40. Maceió, 2014.

LIMA, R. C. A; KIRCHHOF, L. D; CASONATO, C.A; SILVA FILHO, L. C. P. **Efeito de altas temperaturas no concreto.** Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais,

2004. Disponível em:
<http://www.deecc.ufc.br/Download/TB819_Patologia_e_Recuperacao_de_Estruturas_de_Concreto/Efeito_do_fogo_no_concreto.pdf>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2020.

MEHTA, P. K.; AİTCIN, J.-C. **Principles underlying production of high-performance concrete. Cement & Concrete Aggregates**. Philadelphia: American Society for Testing Materials, p. 70-78, winter 1990.

MEHTA, P.K; MONTEIRO, P.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

OLIVEIRA E. V; GALHANO F; PEREIRA B. **Construções Primitivas em Portugal**. Lisboa: Instituto da Alta Cultura. Centro de Estudos de Etnologia, 1969.

PRODANOV, C.C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico / Cleber Cristiano Prodanov, Ernani Cesar de Freitas**. – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QIAN, C. X; STROEVEN, P. **Development of hybrid polypropylene-steel fiber-reinforced concrete**. Cement and Concrete Research. v.30. pg. 63-69. 2000.

TIPOS DE CONCRETO E SUAS APLICAÇÕES. Supremo concreto. Disponível em <www.supremocimento.com.br>. Acesso em: 5 abril de 2020.