

Análise de Desempenho de Concreto Reforçado Com Fibras Poliméricas Em Elevadas Temperaturas

Alanna Aparecida Faria¹, Tiago Ferreira Campos Neto²

Resumo

Casos de catástrofes ocasionadas pela ação do fogo em edifícios de concreto armado são recorrentes em noticiários nacionais o que demonstra a importância da ciência aplicada à construção civil, em se entender mais sobre o comportamento desse material submetido a essas condições. Neste contexto, esse artigo tem o objetivo de avaliar o desempenho de diferentes misturas de concreto submetidas a elevadas temperaturas. Foram produzidos concretos sem e com adição de fibras de polipropileno, 0,3% e 0,5% submetidos a diferentes patamares de temperatura, ambiente, 200°, 400° e 600°C, para se analisar o efeito da adição de fibra como material contribuinte ao concreto. Como método de avaliação do desempenho, as misturas foram submetidas a ensaios de consistência no estado fresco e ensaios de compressão aos 7 e 28 dias e tração aos 28 dias, no estado endurecido. Por meio dos ensaios foi possível concluir que quanto maior a adição de fibras, menor a trabalhabilidade; notou-se também, que concretos com maiores teores de fibra apresentavam menores resistências à compressão e tração. No que tange aos ensaios de temperatura, verificou-se que todas as misturas, quando submetidas a temperaturas inferiores a 600°C, sofriam quedas consideráveis de resistência à compressão, mesmo com adição de fibras, o que colocaria em risco as edificações submetidas a tais condições de exposição.

Palavras-chave: Concreto reforçado com fibras. Microfibras de Polipropileno. Elevadas temperaturas.

1. Introdução

Apesar do desenvolvimento do setor da construção civil, com emprego de novas técnicas construtivas e materiais de construção, observa-se um aumento na ocorrência de manifestações patológicas e degradações prematuras nas edificações. Justifica-se tais ocorrências, em virtude de erros, na execução de projetos, utilização inadequada de materiais e forte agressividade ao meio ambiente (GOMES, 2016).

Ao longo dos anos foi possível constatar uma ligação direta entre o concreto e a temperatura, pois o concreto que é formado basicamente por cimento Portland, agregados graúdos, agregados miúdos e água; possui uma taxa de variação em suas propriedades de acordo com as mudanças das temperaturas em seu meio. Um exemplo comum da influência que o concreto sofre pela temperatura é visto em seus processos de ganho de resistência e de rigidez que são exotérmicos, feitos por meio de reações químicas (CALLISTER, 2008).

A temperatura possui fatores determinantes durante os processos pelos quais o concreto passa. Na fase de hidratação a temperatura deve estar sob controle, para não

¹alannafaria@hotmail.com. UniRV – Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil, Campus Rio Verde, Fazenda Fontes do Saber, Caixa Postal 104. CEP: 75. 901-970 - Rio Verde - GO

²tiagocampos@unirv.edu.br. UniRV – Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil, Campus Rio Verde, Fazenda Fontes do Saber, Caixa Postal 104. CEP: 75. 901-970 - Rio Verde - GO

propiciar patologias, como fissuras na estrutura, posteriormente (MEHTA; MONTEIRO, 2006). Após o início da pega do concreto, a hidratação começa a se desenvolver de forma acelerada fazendo com que a água presente evapore, deste modo é comprometida a reação de hidratação do concreto o que ocasionará a retração; mais conhecida como redução do volume. Assim, a resistência final diminuirá ocasionando a queda da vida útil deste concreto e outras patologias (CARVALHO; FIGUEIREDO, 2014).

Após o endurecimento, o concreto como a maioria dos materiais sólidos submetidos a temperaturas elevadas, tende a ter um aumento em sua composição e com a diminuição da temperatura ele se contraí. Este fenômeno é conhecido como dilatação térmica (CALLISTER, 2008).

Em relação ao desempenho dos materiais em elevadas temperaturas, o concreto destaca-se, pois além de apresentar alta resistência à compressão, também é incombustível, ou seja, possui bom comportamento quando submetido ao fogo e além disso, não libera toxinas prejudiciais aos seres humanos (NEVILLE, 2016).

O comportamento do concreto quando sujeito a temperaturas elevadas em função de diversos fatores: umidade presente no concreto, sua dosagem e forças as quais ele está sendo submetido. O tamanho da peça e a estrutura dos poros do concreto são fatores que tem influência direta em seu comportamento visando que são esses fatores que definem a ação das pressões internas. De modo a evitar esse fenômeno, foram feitos estudos sobre a introdução de fibras como o reforço do concreto e observou-se que elas agem de forma benéfica (OLLIVIER; VICHOT, 2014).

A umidade presente no concreto é um dos principais fatores determinantes, pois em casos de altas temperaturas, o concreto tende a perder a água presente em sua composição, alterando diretamente a relação água/cimento e dessa maneira causando fissuração. A estrutura dos poros é outro fator determinante, já que se possui uma ampla rede de poros e eles possuem grandes dimensões é proporcionado ao concreto uma rede de dispersão do vapor da água e assim reduz o efeito poro-pressão (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

A adição de fibras como reforço no concreto vem ganhando destaque no mercado cada vez mais, portanto, existem diversos tipos de fibras com diferentes dimensões e materiais em sua composição; como por exemplo, as fibras de polipropileno que são fornecidas como macrofibras, ou microfibras. As microfibras são separadas em dois tipos, sendo eles: as monofilamentosas e as fibriladas; e são inseridas ao concreto, com o objetivo de combater a fissuração inicial, após a cura, e ganhar maior resistência após o endurecimento. (FIGUEIREDO, 2011).

A escolha da fibra empregada no concreto é feita de acordo, com o papel que se deseja, que ela desempenhe na estrutura. Para a definição de qual material será utilizado, deve-se

levar em conta diversos fatores e características, dentre eles os mais solicitados são; o módulo de elasticidade e a resistência mecânica, pois são eles que definirão qual será o aumento do desempenho que a fibra acarretará ao concreto como reforço (FIGUEIREDO, 2011).

De acordo com Lima (2005), foram feitos estudos para comprovar a ação benéfica das fibras de polipropileno como componentes do concreto e a sua relação com altas temperaturas, já que elas se fundem no material e geram vazios por onde o vapor pode escapar. Conforme comprovado também por Ollivier e Vichot (2014), fibras de polipropileno monofilamentosas são as que conferem melhor desempenho no estudo de misturas de concreto em elevadas temperaturas. Com o derretimento da fibra, aumenta-se a permeabilidade do concreto, combatendo o lascamento.

1.1 Objetivos

- Geral

Analisar o desempenho mecânico de concretos reforçados com fibras de polipropileno submetidos a elevadas temperaturas.

- Específicos

Avaliar o impacto do teor de fibras de polipropileno no desempenho dos concretos no estado fresco;

Avaliar o impacto da exposição a diferentes temperaturas no deslocamento de corpos de prova de concreto com fibra.

2. Materiais e métodos

Na Figura 1 estão apresentadas as etapas adotadas em materiais e métodos. Para análise do desempenho do concreto convencional e do concreto reforçado com fibras de polipropileno, foram produzidos corpos de prova que foram ensaiados para determinação dos fatores apresentados nos objetivos específicos. Para moldagem foram seguidos os procedimentos apresentados pela NBR 5738 (ABNT, 2016). Para a produção dos concretos, utilizou-se os seguintes materiais: cimento Portland, agregado graúdo, agregado miúdo, água, aditivo plastificante e microfibras de polipropileno.

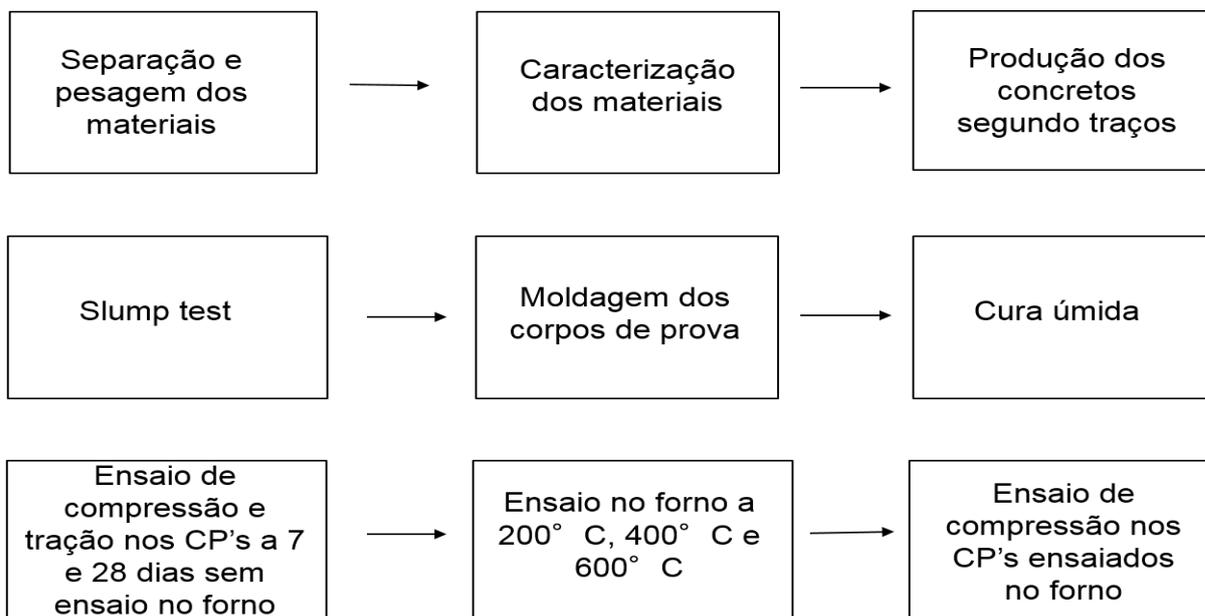


Figura 1 – Etapas de materiais e métodos.

Fonte: Próprio autor (2019).

2.1 Caracterização dos materiais

- Cimento Portland

Foi utilizado o cimento Portland CP II-F-40 da marca Goiás, cujas prescrições estão apresentadas na NBR 16697 (ABNT, 2018). Este material foi caracterizado quanto a sua massa específica (ABNT NBR 16605:2017), superfície específica (ABNT NBR 16372: 2015) e finura pela peneira #200 (ABNT NBR 11579: 2013), conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Valores mínimos exigidos para superfície específica do cimento

Características e propriedades	Unidade	Limites de classe (ABNT NBR 16697: 2018)	Limites de ensaio
Finura	%	≥ 10%	9,8
Superfície específica	m ² /kg	≥ 280	306,0

Fonte: Próprio autor (2019).

- Fibra

Utilizou-se microfibras de polipropileno BRAS-FIB6 da marca Aditibras (Figura 2), cujas especificações estão apresentadas na Tabela 2. Os teores adotados nesta pesquisa foram de 0,3% e 0,5% do volume total do concreto, fundamentados no trabalho de Bonifácio (2004), que utilizou teor de 0,5% de fibras. O teor intermediário de 0,3% foi adotado de maneira a favorecer a trabalhabilidade da mistura.

Vale ressaltar que, conforme estabelecido pela Aditibras (2018), o volume crítico desse tipo de fibra é de 300 g/m³ de concreto, logo ambos os teores adotados estão acima. O volume crítico de fibras foi propositalmente extrapolado, pois o objetivo desta pesquisa se funda na análise do comportamento do concreto em elevadas temperaturas, independente da consistência da mistura.



Figura 2 – Microfibra de polipropileno

Fonte: Próprio autor (2019).

Tabela 2 – Informações da fibra utilizada

BRAS-FIB 6			
Comprimento (mm)	Diâmetro (µm)	Alongamento na ruptura (%)	Densidade (g/cm ³)
6	12,5	18 a 22	0,905

Fonte: ADITIBRAS (2018).

- Agregado Graúdo

Optou-se por utilizar a brita com dimensões de até 9,5 mm suas prescrições estão apresentadas na NBR 7211 (ABNT, 2009). Este material foi caracterizado determinando-se massa específica (ABNT NBR NM 53: 2009), e massa unitária (ABNT NBR NM 45: 2006); os resultados dos ensaios estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Determinação da massa unitária e massa específica do agregado graúdo

Características e propriedades	Unidade	Valor obtido de ensaio
Massa unitária	kg/m ³	1278,0
Massa específica	kg/m ³	2722,0

Fonte: Próprio autor (2019).

- Agregado miúdo

Foi utilizada areia com diâmetros de 0,05 a 0,42 mm, cujas especificações estão descritas na NBR 7211 (ABNT, 2009); os resultados obtidos nos ensaios de caracterização estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Determinação da massa unitária e massa específica do agregado miúdo

Características e propriedades	Unidade	Valor obtido de ensaio
Massa unitária	kg/m ³	1562,5
Massa específica	kg/m ³	2639,2

Fonte: Próprio autor (2019).

- Aditivo

Utilizou-se do aditivo plastificante da marca Viapol, já que o mesmo contém propriedades plastificantes, que ajudaram na aderência e não contém cloretos. As características do aditivo estão presentes na Tabela 5.

Tabela 5 – Características do aditivo

Estado	Cor	PH	Densidade (9g/ml)
Líquido	Avermelhada	9,5 a 11,0	1,00 a 1,10

Fonte: Fornecido pelo fabricante.

2.2 Dosagem dos concretos

Foram produzidos em laboratório três diferentes traços de concreto, sendo um referência e dois com diferentes porcentagens de fibra de polipropileno. Para a dosagem do concreto referência (CR) foi utilizado como base o traço estudado por Bonifácio (2014), apresentado na Tabela 6. Os outros concretos foram produzidos adicionando-se 0,3% e 0,5% de microfibras de polipropileno em função do volume total da mistura e nomeados como CRF1 e CRF2, respectivamente. A relação água cimento foi mantida em 0,55 para todos os traços, realizando-se correções na quantidade de aditivo plastificante, para se obter abatimento de 170 +/- 20 mm. Com esta consistência, os concretos são utilizados em elementos estruturais empregando-se lançamento convencional, conforme NBR 8953 (ABNT, 2015). Adotando-se este traço esperava-se alcançar resistências após o ensaio de compressão pela NBR 5739

(ABNT, 2018), de 48,47 MPa para o CR, e resistências de 37,75 MPa para o CRF1 e o CRF2; conforme obtido por Bonifácio (2014).

Tabela 6 – Traços unitários

	Cimento	Areia	Brita	Água	Aditivo* (g)	Fibra** (g)
CR	1	2,85	3,15	0,55	51,329	-
CRF1	1	2,85	3,15	0,55	88,360	88,36
CRF2	1	2,85	3,15	0,55	102,140	147,27

* Quantidade necessária para se obter abatimento de 170 +/- 20 mm
** Em função do volume total de concreto produzidos

Fonte: (BONIFÁCIO, 2014).

2.3. Controle Tecnológico dos Concretos no Estado Endurecido

Para se realizar o controle tecnológico dos concretos foram moldados ao todo cinquenta e quatro corpos de prova cilíndricos divididos em três traços (Tabela 6), nas dimensões de 10 cm x 20 cm, conforme prescrições da NBR 5738 (ABNT, 2016), e após sua produção todos foram imersos em cura úmida na qual nove CP's permaneceram por sete dias e os outros quarenta e cinco ficaram vinte e oito dias submersos.

Para avaliar seu desempenho por tempo de cura os CP's foram separados em três grupos. O grupo I continha nove CP's sendo três de cada traço os quais permaneceram na cura apenas sete dias, sendo posteriormente ensaiados conforme NBR 5739 (ABNT, 2018). O grupo II era composto por dezoito CP's que após vinte e oito dias de cura foram divididos em dois subgrupos; o primeiro contendo nove CP's sendo três de cada traço, que foram ensaiados a compressão; e o segundo contendo outros nove CP's sendo três de cada traço que foram ensaiados conforme a NBR 7222 (ABNT, 2011). O grupo III continha trinta e seis corpos de prova sendo doze de cada traço, que foram submetidos aos ensaios em forno para avaliar a sua resistência, após serem submetidos a elevadas temperaturas.

Os ensaios para incidir os corpos de prova a elevadas temperaturas consistiram em submeter os mesmos, a três patamares de temperatura de forma crescente sendo elas 200°C, 400°C, e 600°C. A escolha dos patamares seguiu o mesmo preceito utilizado no trabalho de Bonifácio (2014), onde o mesmo adotou 100°C, 400°C e 800°C. Após o ensaio eles foram retirados e mantidos em temperatura ambiente até o seu resfriamento natural para, posteriormente, serem capeados com pasta de enxofre e ensaiados conforme NBR 5739 (ABNT, 2018). Para o ensaio utilizou-se uma mufla (Figura 3) que permite aumentar de forma gradual a temperatura e manter pelo tempo necessário.



Figura 3 – Mufla para aquecimento dos corpos de prova

Fonte: Próprio autor (2019).

De modo a evitar variações em cada patamar, os corpos de prova foram inseridos quando o forno estava a 200° C. Para o patamar de 200° C nove corpos de prova sendo três de cada traço foram inseridos no forno, quando o mesmo atingiu a marca desejada, a temperatura perdurou durante trinta minutos e após esse tempo eles foram retirados.

No patamar de 400° C nove CP's foram colocados no forno, o tempo para atingir os 400°C foi de quinze minutos, após atingida a temperatura permaneceu durante trinta minutos e após isso os corpos de prova foram retirados.

Para o patamar de 600° C foram inseridos mais nove corpos de prova sendo três de cada traço, o tempo necessário que o forno levou para atingir os 600° C foi de trinta minutos e após atingir a temperatura desejada, esta perdurou por mais trinta minutos; posteriormente os corpos de prova foram retirados e resfriados naturalmente (Figura 4). Após a regularização da superfície de todos os corpos de prova que foram levados ao forno, os mesmos passaram pelo ensaio de resistência a compressão com o auxílio da prensa do laboratório para que fosse mensurada a proporção da queda de resistência, que o fogo proporcionou aos mesmos.

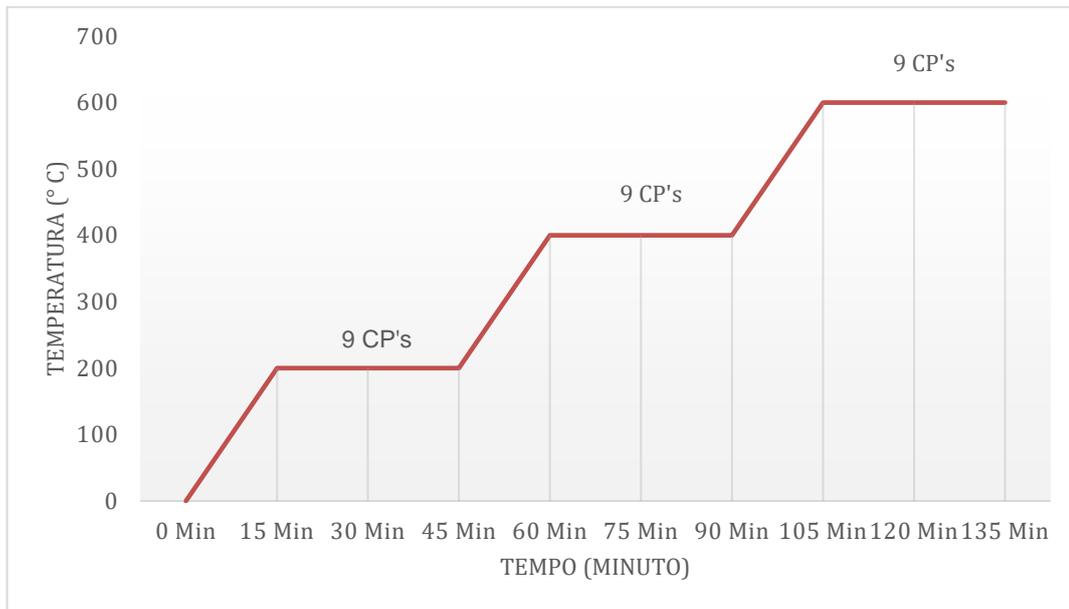


Figura 4 - Esquema para aquecimento dos corpos de prova

Fonte: Próprio autor (2019).

3. Resultados e discussão

Durante a produção dos concretos verificou-se que conforme a porcentagem de fibras era aumentada a trabalhabilidade do concreto diminuía conforme apresentado na Figura 5.

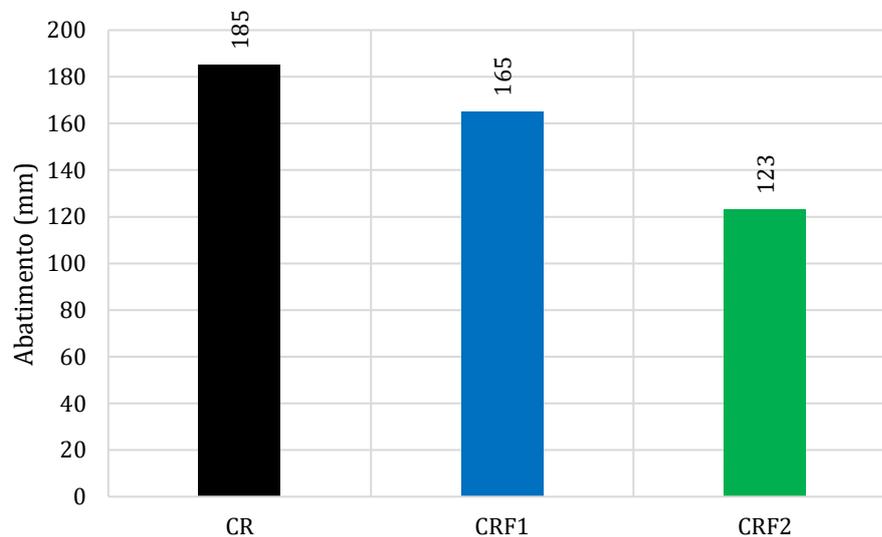


Figura 5 – Resultados de abatimento dos traços

Fonte: Próprio autor (2019).

Durante os ensaios de consistência pelo abatimento do tronco de cone, o CR e o CRF1 atingiram abatimento dentro do limite estabelecido. Entretanto, a mistura CRF2 mesmo com a utilização do teor limite de aditivo estabelecido pelo fabricante, 102,14 gramas, não

conseguiu obter abatimento dentro do período de 170 ± 20 mm. Foi possível notar que, com teores superiores a 0,3% do tipo de fibra utilizado, é preciso elevar a relação a/c da mistura para se atingir consistências mais fluidas.

A influência das fibras na mistura do concreto deu a ele menor trabalhabilidade e juntamente ao aumento de aditivo, o concreto possuía maior coesão, diminuindo assim, o seu espalhamento durante o *Slump test*. Como observado pela Figura 6, ocorreu exsudação e segregação de uma pequena porcentagem da areia. Este fenômeno acontece porque as fibras, após serem adicionadas ao concreto, se aglomeram formando uma espécie de malha, dificultando o empacotamento do agregado à matriz cimentícia.



Figura – 6 *Slump test* do CRF2

Fonte: Próprio autor, (2019).

Aos sete dias, os corpos de prova apresentaram padrão no comportamento, sendo que quanto maior o teor de fibras, menores eram as resistências à compressão atingidas. Notou-se que ao adicionar 0,3% de fibras, o concreto CR teve a sua resistência reduzida em 45,83%. Ao passo que a perda chega a atingir 62,5% ao se comparar o CR e o CRF2.

Após o rompimento, os resultados obtidos mostraram que as fibras induziram o concreto a possuir menor resistência a compressão sejam eles a sete ou vinte e oito dias de cura (Figura 7). Após sete dias de cura os corpos de prova do traço CR, obtiveram resistência de 24,0 MPa. O concreto CRF1 teve resistência de 11,0 MPa. Por fim o CRF2 alcançou 9,0 MPa.

Após os ensaios de compressão aos 28 dias, o CR apresentou 35,25 MPa de resistência, portanto atingindo 46,88% de resistência a mais que o CR aos 7 dias. O CRF1 obteve 16,66 MPa de resistência, e deste modo, houve ganho de 51,45% na resistência. Já o CRF2 apresentou ganho de 16,67% na resistência, com 10,50 MPa

Nos ensaios executados nas duas idades de cura observou-se que as resistências obtidas não fugiram das encontradas no trabalho de Bonifácio (2014), porém foram menores.

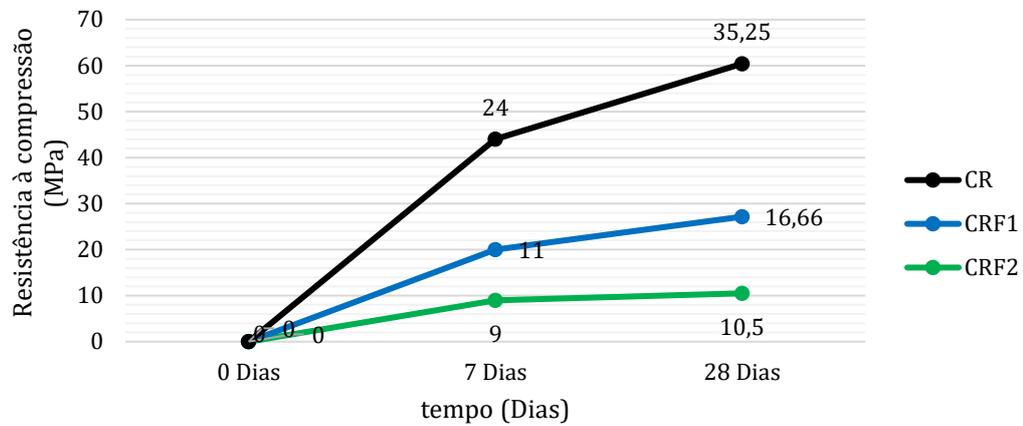


Figura 7 – Resistência a compressão dos corpos de prova em temperatura ambiente

Fonte: Próprio autor (2019).

Após vinte e oito dias de cura foram ensaiados nove CP's à tração por compressão diametral, de acordo com a NBR 7222 (ABNT, 2011), (Figura 8) os corpos de prova apresentaram fissuras da maneira esperada pelo ensaio de tração, ou seja, no centro de seu diâmetro. O ensaio demonstrou que os corpos de prova feitos com traço CRF1 e CRF2 que possuíam fibra, tiveram menor resistência que os produzidos com o CR, que não possuía nenhum teor de fibra (Figura 9).

Os corpos de prova do CR obtiveram resistência de 3,24 MPa, os CP's feitos com o CRF1 obtiveram 1,97 MPa de resistência e por fim os CP's produzidos a partir do CRF2 apresentaram 1,56 MPa. Houve queda de 39,2% e 51,85% do CRF1 e CRF2 respectivamente comparados ao CR. Este fenômeno ocorre devido a escolha de fibras que foi empregada no concreto, já que as microfibras não são indicadas com o objetivo de ganho de resistência à tração, entretanto são benéficas para controle de fissuração por retração plástica presente no concreto.

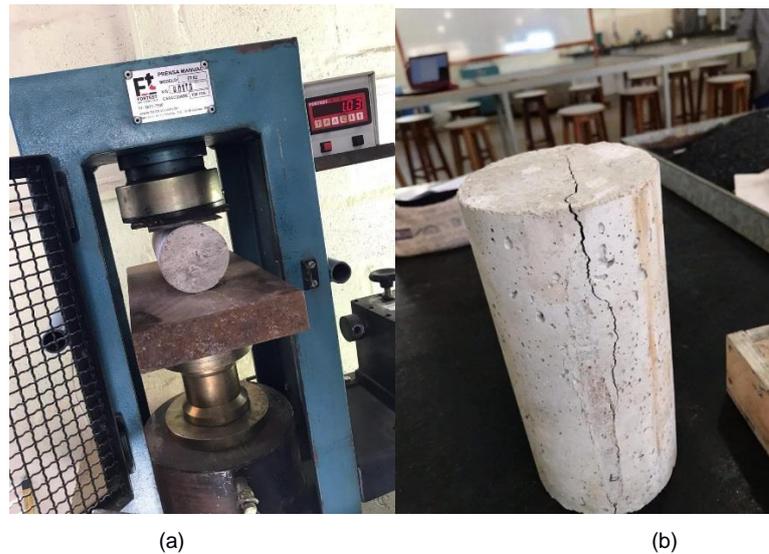


Figura 8 - Ensaio à tração em prensa (a) e Corpo de prova rompido por tração (b)

Fonte: Próprio autor (2019).

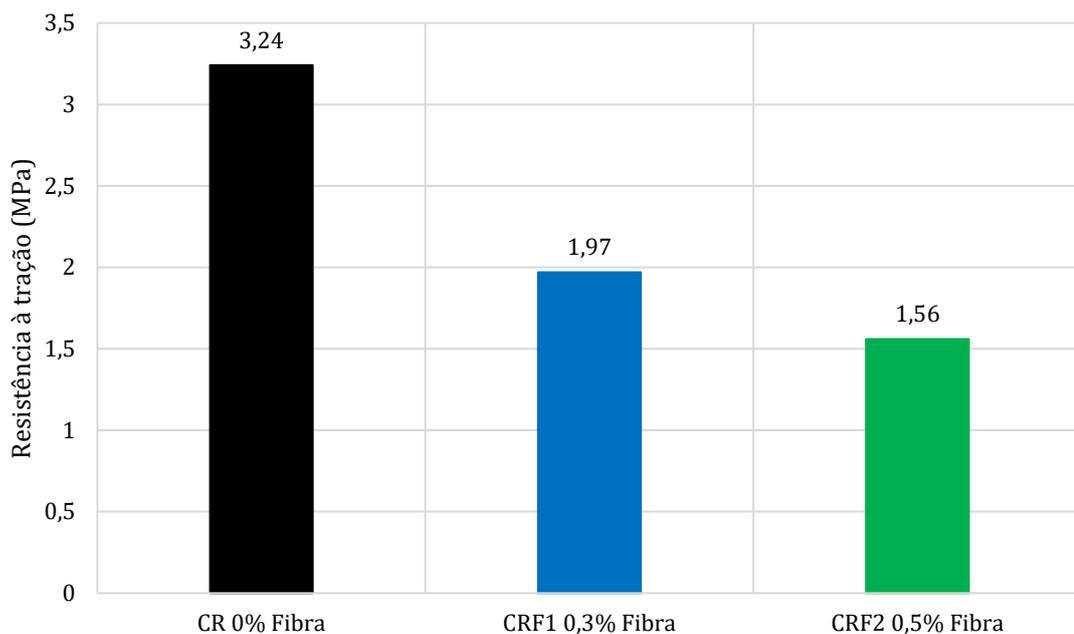


Figura 9 – Resistência a tração por compressão diametral dos corpos de prova em temperatura ambiente aos 28 dias

Fonte: Próprio autor (2019).

Após executado o ensaio para submeter os corpos de prova a elevadas temperaturas, foi possível observar que os mesmos possuíam características, que divergiam entre si, de acordo com a temperatura de exposição. Os CP's que foram expostas a temperatura de 200°C por trinta minutos não apresentaram alterações estéticas visíveis; já nos CP's que foram expostos a temperatura de 400° C, pode-se observar que em sua superfície apresentou tons

amarronzados, mais claros decorrentes da temperatura. Por último nos CP's submetidos aos 600° C foram notados estalos resultantes do deslocamento de pequenas lascas de concreto se chocando com as paredes da mufla.

Feito o ensaio no forno, os corpos de prova foram preparados para o ensaio de compressão na prensa (Figura 10). Após o ensaio observou-se que os concretos que possuíam maior quantidade de fibras eram os que também apresentaram menor resistência à compressão.



Figura 10 - Corpo de prova em ensaio de compressão

Fonte: Próprio autor (2019).

Os corpos de prova submetidos à temperatura de 200° C apresentaram resistência semelhante, aos corpos de prova em temperatura ambiente. O CR obteve resistência de 41,05 MPa com aumento da mesma de 16,45%. Já o CRF1 apresentou resistência de 13,89 MPa, sendo assim, obteve perda 16,63 %. Por fim o CRF2 obteve resistência de 11,18 MPa, ou seja, houve ganho de resistência de 6,08%.

Nos corpos de prova submetidos a 400° C observou-se pequena variação na resistência. O CR apresentou resistência de 35,98 MPa, ou seja, houve variação mínima de 0,7% de resistência. Já o CRF1 obteve 15,33 MPa de resistência e deste modo, 7,98% de variação. Por último o CRF2 obteve 11,07 MPa de resistência, portanto, houve variação de 5,15% na resistência.

Aos corpos de prova submetidos aos 600° C notou-se maior queda na resistência dos CP's que nos outros patamares. O CR apresentou resistência de 31,50 MPa, ou seja, houve perda de 10,64% da resistência. O CRF1 obteve resistência de 15,62 MPa, portanto, houve

perca de 6,24%. O CRF2 apresentou 9,64 MPa de resistência, e deste modo, perca de 8,19% na resistência.

Após os ensaios de compressão foi comprovado que, quanto maior o índice de fibras que era adicionado ao concreto, maior era a queda da resistência, sendo assim, os corpos de prova produzidos com o traço CR que não possuíam nenhum índice de fibras, apresentaram as maiores resistências se comparados ao CRF1 e ao CRF2 (Figura 11).

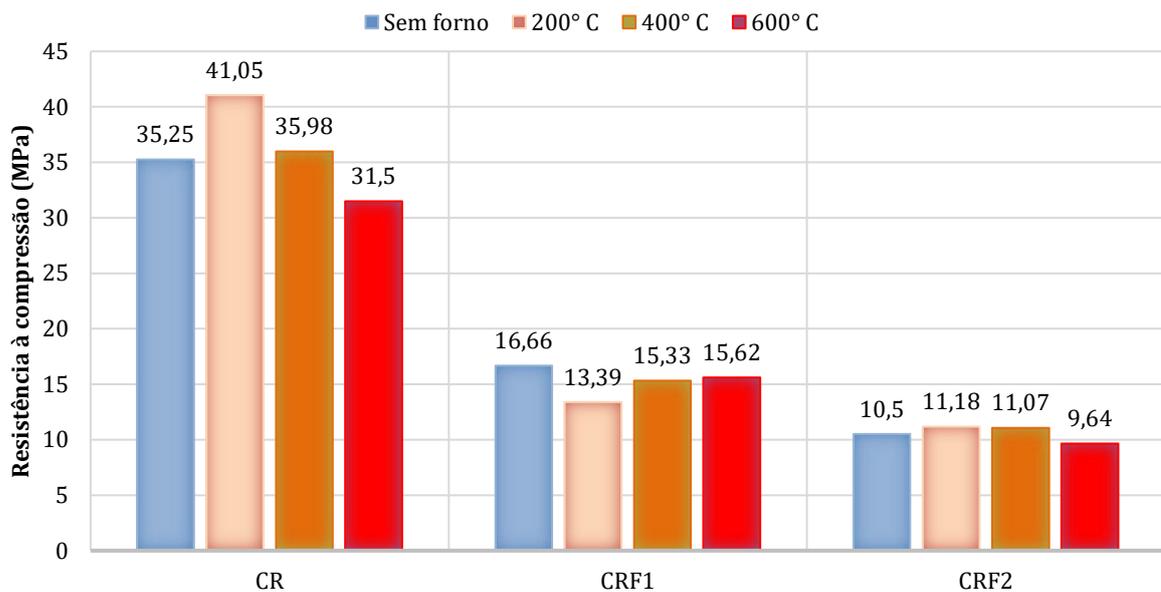


Figura 11 – Resistência dos corpos de prova em temperatura ambiente e ensaiados em forno

Fonte: Próprio autor (2019).

Após avaliar os resultados dos ensaios observou-se que o CR aos 600° C apresentou perca de 3,75 Mpa, ou seja, perca de 10,63% de sua resistência. Já o CRF1 apresentou perca de 1,04 Mpa, ou seja, queda em 6,24% de sua resistência. E por fim o CRF2 obteve perca de apenas 0,86 Mpa, portanto, 5,16% de queda.

Com base nos fatos supracitados concluiu-se que o teor de fibras apresentou diminuição constante na resistência dos CP's até o patamar de 400° C, ao atingir os 600° C observa-se que a variação da perca de resistência passa a ser menor, de acordo com o aumento da fibra. Deste modo avalia-se que o aumento da quantidade de fibras no concreto não é benéfico, em termos de resistência, até em temperaturas menores que 600° C; pois ao atingir a temperatura em questão a perca de resistência passa a ser menor, para os maiores índices de fibra.

Ao fazer análise visual dos CP's rompidos após submetidos ao patamar de 600° C, foi possível notar que, mesmo que as fibras elevem a queda de resistência da mistura, estas contribuíram de forma benéfica, no conjunto de estrutura dos CP's, durante o rompimento. Os

corpos de prova do CR ao se romper possuíam lascamento visível (Figura 12); já os CP's feitos com o CRF1 apresentavam menor deslocamento de seu material; e por fim, os CP's que utilizaram o traço CRF2 não apresentavam nenhum lascamento, ou seja, a sua estrutura continuava monolítica com apenas pequenas fissuras.



Figura 12 – Corpo de prova do CR após rompimento

Fonte: Próprio autor (2019).

4. Conclusões

Tendo em vista os aspectos observados conclui-se que as microfibras de polipropileno na quantidade adotada não acarretaram funções benéficas ao concreto, já que quanto maior a inserção das mesmas observou-se queda na trabalhabilidade do mesmo, e também o aumento na queda de resistência do concreto, avaliando-se os aspectos apresentados pelos mesmos e os resultados obtidos pelos ensaios de compressão e tração.

Dessa forma em virtude dos fatos mencionados constata-se que as fibras, não possuem grande resistência quando submetidas a elevados padrões de temperatura, em específico, temperaturas inferiores a 600° C, as quais atribuem queda substancial de resistência à estrutura do concreto. Portanto, indica-se que o uso de fibras em concretos expostos a elevadas temperaturas será realizado com cautela e atenção para as propriedades do compósito.

Referências

ADITIBRAS. **BRAS-FIB 6**. Disponível em: http://www.aditibras.com.br/uploads/fichas/FT---BRAS-FIB---REV00_61e05.pdf. Acesso em: 19 de Julho de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS DE TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro; 2009.

_____. **NBR 5738**: Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro; 2016.

_____. **NBR 5739**: Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro; 2018.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro; 2009.

_____. **NBR 7222**: Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro; 2011.

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

_____. **NBR 11579**: Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro; 2013.

_____. **NBR 16372**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine). Rio de Janeiro; 2015.

_____. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro; 2017.

_____. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro; 2018.

BONIFÁCIO, J. S. R. **Estudo do Efeito das Fibras de Vidro e Polipropileno nas Propriedades Mecânicas do Concreto**. Artigo - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2014.

CALLISTER, W. D. J. **Ciência e engenharia de Materiais**. 7a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO, J. R. F. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo a NBR 6118:2014**. 4a ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.



FIGUEIREDO, A. D. **Concreto reforçado com fibras**. Tese - Escola politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

GOMES, B. M. C. **Análise das principais causas de manifestações patológicas em João Pessoa-PB: Classificação e prevenção**. Artigo - Biblioteca Digital da Universidade Estadual da Paraíba, Araruna – PR, 2016.

LIMA, R. C. A. **Investigação do comportamento de concretos em temperaturas elevadas**. Tese - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre – RS, 2005.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: Microestrutura, propriedades e materiais. 2º Edição. São Paulo. Ibracon, 2014. 546-578.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P, J. M. **Concrete**: Microstructure, Properties, and Materials. 3a ed. New York: McGraw-Hill, 2006.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.p. 401-407.

OLLIVIER, J.P.; VICHOT, A. **A Durabilidade do Concreto**: Bases científicas para a formulação de concreto duráveis de acordo com o ambiente. Ed. J. P. Ollivier e A. Vichot. Et. Tradução: O. Cascudo e H. Caraset. São Paulo: IBRACON, 2014. p. 615.