

INFLUÊNCIA DO USO DE ADITIVO ACELERADOR DO TEMPO DE PEGA NO DESEMPENHO DO CONCRETO SOB ALTAS TEMPERATURAS

MARZURKIEWICZ, Dayane¹

PERES, Maria Vania Nogueira do Nascimento²

RESUMO

Com a elevada competitividade no setor, a construção civil exige otimização de prazos e melhoramento do desempenho dos materiais utilizados, a fim de torná-los mais resistentes e duráveis. O Concreto é um dos insumos mais utilizados do setor, porém apresenta grande perda de resistência quando atingido pelo fogo. Neste contexto, o trabalho aborda a utilização de aditivo acelerador do tempo de pega no concreto e a influência de expor essa mistura a altas temperaturas, objetivando analisar o ganho de resistência inicial da mistura com o aditivo e analisar a diferença da perda de resistência das misturas conforme a idade. Este trabalho traz, através de uma pesquisa exploratória, os resultados de testes de compressão simples do concreto com aditivo elevado a 400°C e os corpos de prova de referência. A comparação da perda de resistência em função da alta temperatura, do grupo com aditivo e o grupo de referência se mostrou mais significativa nas idades finais da cura do concreto, onde os corpos de prova com aditivo perderam somente 8,74% da resistência enquanto os corpos de prova de referência perderam 27,59%, ou seja, cerca de 3 vezes mais. Comprovou-se assim que o uso do aditivo aumenta as resistências iniciais e finais do concreto e reduz a perda de resistência devido as altas temperaturas em função do tempo de cura. Como resultado, em todo o processo, o grupo com o aditivo se mostrou com resistências superiores aos demais.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto. Altas temperaturas. Aditivos. Resistências.

¹ Acadêmico do 10º Período de Engenharia Civil do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: dayane_marzur@hotmail.com

² Engenheira Civil e Mestre do Curso Superior de Engenharia Civil do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: mariavania@fag.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O uso de aditivos na mistura do concreto é tão antigo quanto o próprio cimento. Segundo Coutinho (1997), os romanos adicionavam clara de ovo, sangue, banha ou leite aos concretos para melhorar a trabalhabilidade das misturas. Quando trabalhados em conjunto com o cimento, os aditivos têm diversas finalidades, alterando as propriedades do produto final e ultrapassando diversos obstáculos decorrentes ao longo da história da construção civil.

O entendimento de que as propriedades do concreto podem ser modificadas pela adição de certos materiais à mistura, é responsável pelo enorme crescimento da indústria de aditivos nos últimos 40 anos (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Com a elevada competitividade no setor, a construção civil exige qualidade e otimização de custos e prazos. Neste sentido, como destaca Costa *et al.* (2018), a utilização de aditivos aceleradores de resistência na produção de concretos contribui com o melhoramento do desempenho nas primeiras idades e posterior otimização nos tempos ou processos construtivos. Este material tem grande reconhecimento na utilização em obras por acelerar o início de operações de acabamento, reduzir o tempo de cura e proteção adequadas e, ainda, aumentar a velocidade de desenvolvimento da resistência. Com o seu uso, não há necessidade de esperar a cura completa da mistura, uma vez que já tenha atingido a resistência necessária para a segurança da estrutura.

Assim como a otimização do tempo, outro fator que passou a ganhar visibilidade ao longo dos anos é a resistência e durabilidade do concreto após passar por adversidades, como em um incêndio. De acordo com Metha e Monteiro (1994), só recentemente se iniciou uma conscientização quanto à necessidade de construir obras duráveis. Os antigos projetistas e construtores imaginavam que as obras em concreto tinham automaticamente durabilidade infinita. Apesar disso, quando submetidos a altas temperaturas, as características físicas e químicas do concreto podem sofrer alterações, modificando qualidades mecânicas importantes para a estrutura, podendo, por sua vez, comprometê-las.

Ao utilizar-se de aditivos para acelerar o processo de cura do concreto e elevar esta mistura a altas temperaturas, tem-se características ainda pouco conhecidas, trazendo à tona uma problemática: como se comporta a mistura de concreto com aditivo acelerador de tempo de pega quando submetido a altas temperaturas?

Diante disso, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a resistência do concreto com a adição de acelerador de tempo de pega após ser elevado à altas temperaturas, verificando também se as qualidades mecânicas não foram abaladas pelo uso do aditivo, através da comparação com os corpos de prova de referência.

Como objetivos específicos, o estudo trouxe as seguintes análises:

- a) Comparar as resistências das misturas de concreto com acelerador do tempo de pega e sem o aditivo em função das altas temperaturas;
- b) Analisar o ganho de resistência inicial da mistura com o aditivo;
- c) Analisar a diferença da perda de resistência das misturas, conforme a idade;

Para tal, foi realizada uma pesquisa do tipo experimental comparativa, com a criação de corpos de prova de concreto e corpos de prova de concreto com aditivo acelerador de tempo de pega “VEDACIT RAPIDÍSSIMO 150”, os quais foram levados ao forno a altas temperaturas, simulando possíveis incêndios, e então submetidos a ensaios de resistência à compressão. Os ensaios foram regidos pela NBR 5738 (ABNT, 2015) e pela NBR 5739 (ABNT, 2018), respectivamente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONCRETO

O concreto é um material constituído por uma mistura de aglomerante com um ou mais materiais inertes e água. Petrucci (1998) destaca que quando recém misturados, devem oferecer condições de plasticidade, a fim de facilitar as operações ao lançamento na fôrma. Os materiais que geralmente compõem o concreto são: cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água.

Segundo Mehta e Monteiro (1994), o concreto é amplamente utilizado na engenharia por três motivos: possui excelente resistência à ação da água, sem deterioração séria e, isso faz dele um material ideal para estruturas destinadas a controlar, estocar e transportar água. Os elementos estruturais do concreto podem ser executados numa variedade de formas e tamanhos, isto porque o concreto fresco tem uma consistência plástica, o que permite ao material fluir nas fôrmas. Após um certo número de horas, quando um concreto se solidificou e endureceu, as fôrmas podem ser removidas para a reutilização. A terceira razão é que ele normalmente é o material mais barato e com

maior disponibilidade no canteiro. Comparado à maioria dos materiais de engenharia, a produção do concreto requer consideravelmente menor custo de energia.

2.2 CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland é definido por Mehta e Monteiro (1994), como um aglomerante hidráulico produzido pela moagem do clínquer, que consiste essencialmente de silicatos de cálcio hidráulicos, usualmente com uma ou mais formas de sulfato de cálcio como um produto de adição.

Segundo Petrucci (1998), o cimento Portland resulta da moagem de um produto denominado clínquer, obtido pelo cozimento até fusão incipiente de mistura de calcário e argila convenientemente dosada e homogeneizada, de tal forma que toda cal se combine com os compostos argilosos, sem que, depois do cozimento, resulte cal livre em quantidade prejudicial. Após a queima, é feita pequena adição de sulfato de cálcio, de modo que o teor deste material não seja superior a 3%, a fim de regularizar o tempo de início das reações do aglomerante com a água.

Para facilitar a formação dos compostos desejados no clínquer de cimento Portland, é necessário que a mistura de matérias-primas esteja bem homogeneizada antes do tratamento térmico. Isto explica porque os materiais extraídos têm que ser submetidos a uma série de operações de britagem, moagem e mistura (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

De acordo com Vieira (2015), a principal característica da padronização está no gerenciamento de sistemas e inclui a regulamentação desde a contratação do projeto até a entrega do produto final. Desta forma, os problemas de qualidade, custo, atendimento, moral e segurança podem ser eliminados. A iniciativa desta padronização se dá pelo responsável técnico da empresa, mas deve ser praticado por todos os profissionais envolvidos, direta ou indiretamente, portanto, deve-se regulamentar todos os processos.

2.3 AGREGADOS

De acordo com Petrucci (1998), entende-se por agregado, o material granular, sem forma e volume definidos, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para o uso em obras de engenharia. Os agregados possuem um importante papel nas argamassas e concretos, seja do ponto de vista econômico ou técnico, e exercem influência benéfica sobre algumas características, como:

retração, aumento da resistência ao desgaste, etc., sem prejuízo aos esforços mecânicos da pasta de aglomerante.

Os agregados para concreto são areia, pedregulho e pedra britada, procedentes de jazidas naturais, por isso, designados como agregados naturais. São derivados de rochas de vários tipos, sendo a maioria composta por minerais. Define-se mineral como toda substância inorgânica de ocorrência natural, com composição química mais ou menos definida e usualmente com estrutura cristalina específica (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

2.4 ADITIVOS

Segundo Petrucci (1998), entende-se por aditivos as substâncias que são adicionadas intencionalmente ao concreto, com a finalidade de reforçar ou melhorar certas características, inclusive facilitando seu preparo.

De acordo com Metha e Monteiro (1994), as finalidades para as quais eles geralmente são empregados no concreto incluem melhora da trabalhabilidade, aceleração ou aumento do tempo de pega, controle do desenvolvimento de resistência, melhora da resistência à ação do gelo e à fissuração térmica. As substâncias empregadas como aditivos podem ser divididas em dois amplos tipos: algumas substâncias que começam a agir imediatamente sobre o sistema água/cimento e outras que por vez dissociam-se depois de alguns minutos ou até mesmo horas, e afetam as reações químicas entre os compostos.

De acordo com informações extraídas do site fabricante Vedacit⁴ (2019), o aditivo VEDACIT RAPIDÍSSIMO é um aditivo composto por sulfatos que aceleram a pega e o endurecimento do concreto, proporcionando altas resistências iniciais e finais, além de possibilitar grande aderência das camadas de concreto projetadas nas superfícies e baixos índices de reflexão.

2.5 TEMPO DE PEGA E TEMPO DE CURA

Um cimento misturado com certa quantidade de água, de modo a obter uma massa plástica, começa a perder a plasticidade depois de um certo tempo. Esse período que decorre desde a adição de água até o início das reações com os compostos de cimento é chamado tempo de início de pega.

⁴ Google Inc. Disponível em: <http://www.vedacit.com.br/produtos/vedacit-rapidissimo-150>. Acesso em 15 de maio de dois mil e dezenove.

Convencionou-se denominar de fim de pega a situação em que a pasta cessa de ser deformável e torna-se um bloco rígido (PETRUCCI, 1998).

Petrucci (1998) comenta que a determinação dos tempos de início e fim de pega é muito importante, pois através deles se tem a ideia do tempo disponível para trabalhar, transportar, lançar e adensar argamassas e concretos, bem como transitar sobre eles ou regá-los para a execução da cura. O autor ressalta ainda que a duração da pega varia na razão inversa do grau de moagem.

Os tempos de início e final de pega, medidos pelo método de resistência à penetração, não registram uma mudança específica nas características físico-químicas da pasta de cimento, são puramente pontos de referência no sentido de que o primeiro define o limite de manuseio e o segundo o início do desenvolvimento da resistência mecânica (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Os dois objetivos da cura são impedir a perda precoce de umidade e controlar a temperatura do concreto durante um período suficiente para que este alcance o nível de resistência desejado. Quando a temperatura ambiente se encontra suficientemente acima do congelamento, a cura dos pavimentos e lajes podem ser efetuadas por represamento ou imersão; outras estruturas podem ser curadas por borrifamento ou neblina de água, ou pelo uso de revestimentos saturados de água que retenham a umidade, como sacos de aniagem (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a proteção do concreto deve ser feita nos sete primeiros dias contados do lançamento, sendo desejável nos catorze dias seguintes, para se ter garantias contra o aparecimento de fissuras decorrentes das retrações. As condições de umidade e temperatura, principalmente nas primeiras idades, têm extrema importância nas propriedades do concreto endurecido.

2.6 RESISTÊNCIA DO CONCRETO

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a resistência de um material é definida como a capacidade que este tem de resistir à tensão sem ruptura. A ruptura é algumas vezes identificada com o aparecimento de fissuras. Os autores abordam que a resistência do concreto se dá a partir do processo de hidratação do cimento e as especificações e os ensaios de resistência são baseados em corpos de prova curados em um período de vinte e oito dias.

No projeto das estruturas de concreto, como citam Mehta e Monteiro (1994), considera-se o concreto o material mais adequado para resistir à carga de compressão, por este motivo, geralmente, a resistência à compressão é especificada na compra do material. As resistências à tração e à flexão

poderão ser calculadas na ordem de 10 e 15%, respectivamente, da resistência à compressão. No ensaio de compressão, o corpo de prova é considerado rompido mesmo quando não há sinal de fratura externa visível, porém a fissura interna é muito avançada, tal que o corpo de prova é incapaz de suportar carga maior sem fraturar-se.

A resistência mecânica é verificada diretamente através de ensaios de corpos de prova cilíndricos, os quais contêm de altura o dobro do diâmetro. Estes corpos de prova podem ser ensaiados axialmente para a determinação da resistência à compressão. Os corpos de prova cilíndricos podem ser moldados especialmente para os ensaios ou extraídos da própria obra com o auxílio de brocas (PEDRUCCI, 1998).

2.7 DURABILIDADE

De acordo com o comitê 201 do ACI (1991), a durabilidade do concreto de cimento Portland é definida como a sua capacidade de resistir à ação das intempéries, ataques químicos, abrasão ou qualquer outro processo de deterioração, isto é, o concreto durável conservará a sua forma original, qualidade ou capacidade de utilização quando exposto ao seu meio ambiente.

Considera-se que um material atingiu o fim da sua vida útil quando as suas propriedades, sob dadas circunstâncias e condições de uso, deterioram-se a um tal ponto que a continuação de uso desse material é considerada, como insegura, ou antieconômica. Em geral, as causas físicas e químicas da deterioração estão entrelaçadas. Deve ser enfatizado, no entanto, que a distinção entre as causas é puramente arbitrária, na prática, as duas frequentemente se sobrepõem (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Metha e Monteiro (1994) agruparam as causas físicas da deterioração do concreto em duas categorias: desgaste superficial ou perda de massa decorrente da abrasão, erosão e cavitação, e fissuração devido a gradientes normais de temperatura e umidade, pressões de cristalização de sais nos poros, carregamento estrutural e exposição a extremos de temperatura tais como, congelamento ou fogo.

2.8 AÇÃO DO FOGO

Segundo Petrucci (1998), o comportamento do concreto, sob altas temperaturas, é variável, havendo uma importante diminuição de resistência a temperaturas acima de 300°C. A temperatura de

600°C gera uma redução de 50% da resistência mecânica. Ocasionalmente, ocorre o descobrimento das estruturas em função do esfriamento e das variações de temperatura que esta sofre.

O efeito do aumento de temperatura na pasta de cimento hidratada depende do grau de hidratação e da umidade. Os vários tipos de água presentes no concreto (água livre, água nos poros capilares e água adsorvida) são perdidas ao elevar-se a temperatura do concreto, porém esta temperatura não se elevará até que toda a água evaporável tenha sido removida. Contudo, esta situação pode causar danos ao concreto sob a forma de lascamento superficial (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para que se atingissem os objetivos previamente estabelecidos, foi necessário utilizar métodos investigativos, que possuem a finalidade de gerar os dados necessários à elaboração da pesquisa.

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), pode-se definir metodologia como uma disciplina que consiste em estudar, compreender e avaliar os vários métodos disponíveis para a realização de uma pesquisa acadêmica, ou seja, é a aplicação de técnicas que devem ser observadas para a elaboração de uma pesquisa.

Portando, para que se atingesse a produção de conhecimento desejada, foi utilizada a metodologia e seguida com rigor para validar toda a pesquisa realizada.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO E LOCAL DA PESQUISA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória. Segundo Prodanov e Freitas (2013), neste tipo de pesquisa, as variáveis relacionadas com o objeto de estudo são manipuladas diretamente a fim de serem observados os efeitos que a variável produz no objeto. Também, na pesquisa exploratória, a manipulação das variáveis proporciona o estudo das causas e os efeitos de determinado fenômeno.

A elaboração da pesquisa deu-se nos laboratórios do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, situada no município de Cascavel – Paraná. Os equipamentos que foram utilizados, como

prensa para ensaios de compressão, moldes para a confecção dos corpos de prova e forno para o aquecimento, foram disponibilizados juntamente com o laboratório.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Neste item foi caracterizada a amostra, desde a escolha dos materiais utilizados até o processo de produção da mistura, a qual foi estudada, a fim de formular de forma didática e evitar erros nos passos a serem seguidos durante a elaboração da pesquisa.

3.2.1 MATERIAIS UTILIZADOS

O aglomerante empregado foi o cimento Portland CP II-E-32, atendendo às exigências da NBR 11578 – Cimento Portland Composto (ABNT, 1991).

O agregado miúdo utilizado foi a areia natural, classificada como areia média. Já o agregado graúdo foi de origem basáltica, com dimensão característica de 19 mm e classificado como brita 01. A composição granulométrica dos agregados foi determinada com base na NBR NM 248 – Agregados: determinação da composição granulométrica (ABNT, 2003). Por fim, a água utilizada para a produção do concreto foi a fornecida pela rede de abastecimento da cidade de Cascavel, Paraná.

O aditivo utilizado foi o acelerador de tempo de pega “VEDACIT RAPIDÍSSIMO 150”, seguindo as recomendações disponibilizadas pelo fabricante, o qual proporciona altas resistências iniciais e finais.

3.2.2 PRODUÇÃO DE CONCRETO

O traço unitário empregado na pesquisa foi 1:2 :2,5 (cimento, areia e brita) e relação água / aglomerante de 0,55 para se obter uma resistência de 30 MPa, aos vinte e oito dias.

A mistura de concreto foi realizada com o auxílio de uma betoneira de eixo inclinado, a qual seguiu a ordem de colocação: 100 % do agregado graúdo, 50 % da água de amassamento, 100 % de cimento, 100 % do agregado miúdo e 50 % da água de amassamento.

Após a colocação de todo material, o concreto foi misturado por aproximadamente cinco minutos. Ao finalizar o processo de mistura, foi realizado o controle da consistência do concreto,

conforme determina a NBR NM 67 - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (ABNT, 1998).

A moldagem dos corpos de prova foi realizada após o processo de mistura, seguindo as recomendações da NBR 5738 - Concreto: Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova (ABNT, 2008).

Para a realização do ensaio de compressão simples foram moldados 36 (trinta e seis) corpos de provas cilíndricos, com dimensões de 100 milímetros de diâmetro e 200 milímetros de altura. A compactação foi mecânica, com a utilização de uma haste metálica.

Após a realização da concretagem e adensamento, os corpos de prova foram mantidos em ambiente de laboratório por vinte e quatro horas. Após esse período, foram desmoldados e submetidos à cura em uma câmara úmida com umidade e temperatura controlada ($UR \geq 95\%$ e temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$), onde ficaram armazenados até os vinte e oito dias, idade da realização do ensaio de compressão axial.

Os corpos de prova foram divididos em dois grupos. A composição principal da mistura foi a mesma, assim como foram elaboradas e testadas sob iguais condições. Contudo, um dos grupos teve o aditivo acelerador do tempo de pega “VEDACIT RAPIDÍSSIMO 150” em sua composição, na dosagem disponibilizada pelo fabricante. Foi adotada a adição de 10% de aditivo para o volume de concreto.

3.3 MÉTODO DE ENSAIO

Para a realização do ensaio de compressão axial foram moldadas 36 amostras, sendo 18 corpos de prova com a adição de produto acelerador do tempo de pega e as demais formadas apenas pela mistura de concreto (cimento, areia, brita e água). Destes, foram separadas 9 amostras para cada subgrupo. O primeiro grupo foi utilizado para referência, com cura em local com umidade e temperatura controladas (sem grande variação) e a resistência final de controle foi utilizada para comparação com as resistências dos corpos de prova que foram aquecidos.

Os corpos de prova, confeccionados para este estudo, foram submetidos ao aquecimento nos fornos com a temperatura previamente configurada de 400°C . Quando a temperatura desejada foi atingida, as amostras foram colocadas no mesmo que permaneceu ligado com temperatura constante por um período de 60 minutos, objetivando homogeneizar a temperatura na superfície das peças e minimizar a influência da forma de aquecimento. Após o período de 60 minutos, o forno foi desligado

e aberto até que os corpos de prova resfriassem à temperatura ambiente. Após vinte e quatro horas de resfriamento foram retirados e ensaiados à compressão simples.

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados conforme prescrições da NBR 5739 – Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos (ABNT, 2007), empregando a prensa computadorizada da marca CONTENCO, modelo I-3058, com capacidade de 100 toneladas.

De acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007), antes de iniciar o ensaio, as faces dos pratos e dos corpos de provas foram limpos e secos. Os corpos de prova foram cuidadosamente centralizados no prato inferior. O carregamento do ensaio foi aplicado continuamente e sem choques. O ensaio foi finalizado quando houve a ruptura da peça, sendo que a velocidade foi mantida constante em todo o ensaio. A velocidade utilizada nos ensaios foi de aproximadamente 0,5 MPa/s e apenas a carga de ruptura foi utilizada. A resistência final foi a média aritmética das amostras ensaiadas.

3.4 ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos em laboratório foram comparados segundo a divisão de dois grupos principais: não aquecidos e aquecidos. Ambos foram submetidos a cura em ambiente com temperatura e umidade controladas até a idade de realização dos ensaios, sendo o segundo grupo submetido à uma temperatura de 400°C, através de aquecimento em forno.

Os subgrupos seguintes levaram em consideração o uso ou não de aditivo. Para o primeiro utilizou-se apenas a mistura de concreto (cimento, areia, brita e água). Contudo no segundo, adicionou-se o VEDACIT RAPIDÍSSIMO, na proporção de 10% como indicado no manual do produto. Neste trabalho foi analisado a capacidade do aditivo de reduzir o tempo de pega e proporcionar maior resistência do concreto em idades iniciais.

Os ensaios aconteceram após 7, 14 e 28 dias após a confecção dos corpos de prova. Em cada idade foram testados à compressão simples 12 amostras, das quais: 3 amostras de mistura simples de concreto não aquecidas, 3 amostras de mistura simples de concreto aquecidas, 3 amostras de mistura de concreto com aditivo não aquecidas e por fim, 3 amostras de mistura de concreto com aditivo aquecidas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O concreto resiste consideravelmente bem a altas temperaturas, muitas vezes é utilizado para proteger outras estruturas do fogo. Depois de aquecidos, os principais problemas previstos são o descolamento e fissuras. Contudo, apesar da perda de água dos corpos de prova, neste estudo o concreto não apresentou essas características citadas na teoria, pois a temperatura necessária para isto é ainda maior que a utilizada em projeto.

Para melhor entendimento dos resultados, os mesmos foram separados em duas tabelas, conforme divisão dos grupos citados no capítulo 3. A tabela 01 apresenta os resultados dos testes de compressão simples dos corpos de prova referência, os quais não foram aquecidos. Já na tabela 02, é possível observar os resultados dos testes de compressão simples para os corpos de prova que foram ao forno à temperatura de 400°C.

Tabela 01: Resultados de testes de compressão simples para os corpos de prova não aquecidos.

	CP	RESISTÊNCIA (MPa) 7 dias	RESISTÊNCIA (MPa) 14 dias	RESISTÊNCIA (MPa) 28 dias
S/ aditivo	1	16,1	17,1	24,7
	2	15,4	22	25,1
	3	18,2	19,3	24,4
	Média	16,57	19,47	24,73
C/ aditivo	1	18,2	24,9	26,9
	2	21,5	24,9	26,8
	3	20,7	22,1	27,6
	Média	20,13	23,97	27,10

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 02: Resultados dos testes de compressão simples para corpos de prova aquecidos.

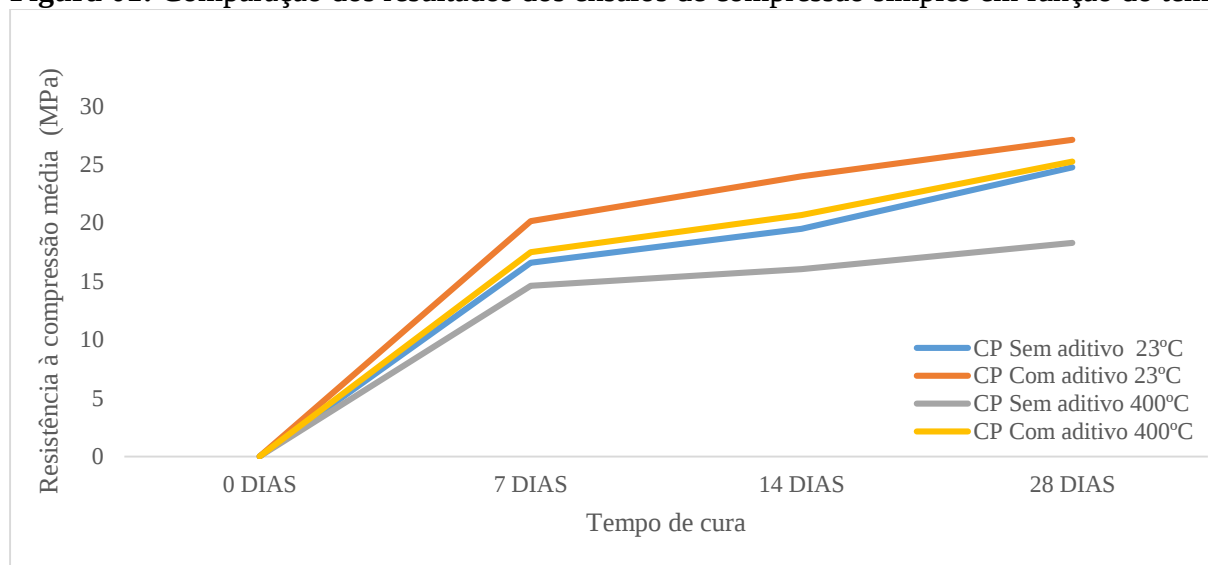
	CP	RESISTÊNCIA (MPa) 7 dias 400C	RESISTÊNCIA (MPa) 14 dias 400C	RESISTÊNCIA (MPa) 28 dias 400C
S/ aditivo	1	14,1	15	19,9
	2	15,4	15,7	15,9
	3	14,3	17,4	19
	Média	14,60	16,03	18,27
C/ aditivo	1	18,4	22,2	24,5
	2	16,5	18	25,4
	3	17,5	21,8	25,8
	Média	17,47	20,67	25,23

Fonte: Autor, 2019.

Nota-se, comparando as tabelas, uma diferença significativa na resistência do concreto. Em relação ao uso do aditivo, o concreto obteve resultados 8,74% superiores ao concreto de referência nas idades finas. Assim como se encontrou uma notável perda de resistência em relação ao aumento de temperatura. Segundo Petrucci (1998), o comportamento do concreto, sob altas temperaturas é variável, havendo uma importante diminuição de resistência a temperaturas acima de 300°C. Neste estudo, vemos que quando o concreto foi elevado a 400°C a resistência teve uma queda de 6,90% para os corpos de prova com aditivo e 26,12% para os sem.

Há também ganhos expressivos de resistência com o aumento da idade do concreto em todos os casos, como pode-se verificar no gráfico 01. Neste, é analisado a relação dos resultados dos testes de compressão simples pela divisão dos grupos e subgrupos. Obteve-se uma notável diferença com o uso do aditivo.

Figura 01: Comparação dos resultados dos ensaios de compressão simples em função do tempo.



Fonte: Autor, 2019.

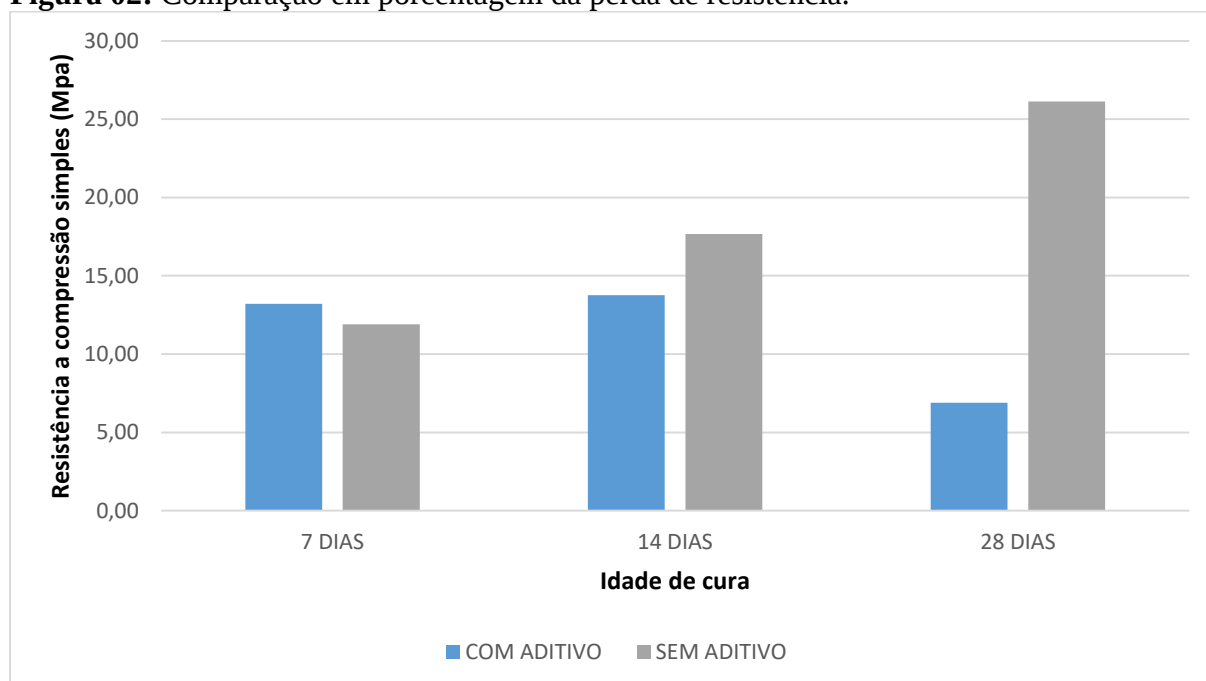
De modo geral, os corpos de prova com aditivo (aquecidos ou não), ficaram acima dos demais, mesmo os que não foram levados ao forno. Com 7 dias de cura o concreto com Vedacit não aquecido, atingiu 20,13 MPa, ficando 17,68% acima do concreto sem o aditivo. Conforme a idade foi progredindo, a diferença das resistências dos corpos de prova não aquecidos foi afunilando.

Em contrapartida, quando analisamos os corpos de prova aquecidos, conforme a idade avança as curvas vão se distanciando e a maior diferença alcança os 8,33 Mpa, girando em torno de 32,58%, na comparação entre o concreto com aditivo não aquecido e o concreto sem aditivo aquecido.

Ainda para a análise do gráfico 1, é importante frisar que o concreto com Vedacit aquecido perdeu 6,90% de sua resistência se aproximando dos resultados do concreto não aquecido sem o aditivo. Entende-se assim que o concreto com aditivo quando perde sua resistência através do aquecimento proporciona resultados aproximados a máxima do concreto sem aditivo (quando não é aquecido), contudo nesta análise o concreto com o complemento ainda se mostra superior, em torno de 1,98%.

Outro fator importante é a comparação da perda de resistência, como apresentado no gráfico 02, em que se compara em porcentagem a perda de resistência dos corpos de prova com aditivo e referência em função da idade do concreto.

Figura 02: Comparação em porcentagem da perda de resistência.



Fonte: Autor, 2019.

Conforme resultados do gráfico 02, os corpos de prova com aditivo, que foram aquecidos aos 7 dias, apresentaram uma perda de resistência de 13,21% em relação aos que não foram aquecidos. Já os corpos de prova de referência apresentaram apenas 11,89% de perda de resistência quando elevados a altas temperaturas.

Quando analisados aos 14 dias de cura, o concreto com aditivo que foi levado ao forno apresenta uma queda na resistência comparável aos 7 dias, neste caso de 13,77%. Já os corpos de prova de referência tenderam a aumentar esta perda para 17,67%.

No que se refere à cura completa (28 dias), a perda de resistência foi a menor relatada para os corpos de prova com aditivo, somente 6,90% foi perdida com o aquecimento. Contudo para o concreto de referência notou-se a maior diferença: 26,12% de perda.

Vale ressaltar que o aditivo, utilizado na proporção de 10% do peso da pasta de concreto, proporcionou ótimas resistências iniciais. Logo na primeira semana, para os corpos de prova não aquecidos, verificou-se um aumento na resistência de 3,56 MPa com o uso de VEDACIT (cerca de 17%). Já para os corpos aquecidos constatou-se um aumento de 2,87 MPa (16,42%), na primeira semana.

E mesmo com a cura completa o grupo com o VEDACIT, teve resistência superior ao outro grupo, atingindo em seu ápice 27,10 MPa, quando não aquecido e 25,23 MPa quando aquecido. Comparando com 24,73 MPa (não aquecido) do outro grupo e 18,27 MPa (aquecido).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa avaliou a influência de um aditivo acelerador do tempo de pega e também a influência de altas temperaturas sobre essa mistura. Utilizou-se o aditivo VEDACIT RAPIDÍSSIMO na proporção de 10% da mistura. Os resultados encontrados foram:

- a) Os corpos de prova com aditivo (aquecidos ou não), ficaram acima dos demais, mesmo os que não foram levados ao forno. Sendo importante frisar que o concreto com VEDACIT aquecido quando perdeu resistência se aproximou dos resultados do concreto não aquecido sem o aditivo.
- b) Com 7 dias de cura o concreto com VEDACIT não aquecido, atingiu 20,13 MPa, ficando 17,68% acima do concreto sem o aditivo. Conforme a idade foi progredindo, a diferença das resistências dos corpos de prova não aquecidos foi afunilando.
- c) O concreto com aditivo se mostrou com resistência maior durante todo o período, e mesmo com a cura completa teve acréscimo de 8,74% no concreto de referência e 27,59% no concreto aquecido.
- d) A comparação da perda de resistência com ou sem o aditivo se mostrou mais significativa nas idades finais da cura do concreto. Sendo que o uso do aditivo garantiu uma redução considerável nesta perda aos 28 dias de idade, principalmente comparado com os resultados do concreto sem o uso do aditivo.

REFERÊNCIAS

ACI. **Manual of concrete practice**. Detroit, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. 2015.

_____. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. 2015.

_____. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. 2008.

_____. **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. 2007.

_____. **NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. 2003.

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

_____. **NBR 11578: Cimento Portland Composto**. 1991.

COSTA, Felipe Lima; SANTOS, Iago Lopes dos; SILVESTRO, Laura. **Influência do uso de aditivo acelerador de resistência baseado em nitrato de cálcio no desempenho de argamassas de cimento Portland com adição de cinza volante**. Revista matéria, 2018.

COUTINHO, Arlindo de Sousa. **Fabrico e Propriedades do Betão**. Vol. I. ed. LNEC. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1997.

MEHTA, Povindar Kumar; MONTEIRO, José Melaragno. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

PETRUCCI, Eladio. **Concreto de cimento Portland**. São Paulo, 1998.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico**. 2. Ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

XIAO, Jianzhuang; KÖNIG, Gert. **Study on Concrete at High Temperature in China: an overview**. 2014.