



AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E DO DESEMPENHO FRENTE À CORROSÃO POR CLORETOS DE UM CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL PRODUZIDO COM ADIÇÃO DE BIOPOLÍMERO

MIRANDA, L. R. M. (1); MORAIS, G. A. T. (2); LIRA, V. Q. (3); ABREU, M. M. (4)

Universidade de Brasília, luizarodriguesmm@gmail.com; Universidade de Pernambuco, gabriela_morais@outlook.com¹Universidade de Pernambuco, virginiaqlira@gmail.com; Universidade de Pernambuco, mmarinaabreu@gmail.com

RESUMO

Para que um concreto auto-adensável (CAA) possa receber essa denominação é necessário que ele seja, simultaneamente, fluído, coeso e resistente a bloqueios. Sua dosagem exige um alto teor de finos, sendo comum o uso adições minerais e aditivos, como os aditivos superplastificantes, podendo ainda serem utilizados os modificadores de viscosidade (AMV), de uso ainda limitado no Brasil. A busca de novos materiais, a exemplo do aditivo a base de biopolímero (BP), apresentado neste estudo, obtido do resíduo de carapaças de crustáceos, e que se mostrou efetivo como AMV nas características do estado fresco do CAA, necessitando também de estudos de seu efeito no estado endurecido. O presente trabalho visa analisar a influência do BP nas características de resistência mecânica e durabilidade, com ênfase na resistência à compressão e à corrosão provocada por íons cloretos, respectivamente. Foram realizados ensaios de resistência à compressão e de corrosão acelerada por imersão modificada (CAIM). Com a análise dos resultados desses ensaios constatou-se que o BP melhora o desempenho dos concretos quando adicionado em uma porcentagem de 0,1%, sendo essa porcentagem indicada para uso, e provoca perda desse desempenho com 0,2% de adição, o que mostra a necessidade de um estudo mais detalhado da microestrutura do concreto e da compatibilidade do BP com os demais aditivos, aglomerantes e restantes componentes da mistura, permitindo seu uso mais amplo como modificador de viscosidade. Quanto a resistência a corrosão, não houve modificações consideráveis no desempenho com 0,1%, mas com 0,2% os resultados apresentaram grande variabilidade, sendo inconclusivos.

Palavras-chave: CAA. Biopolímero. Resistência Mecânica. Corrosão.

ABSTRACT

A concrete can receive the designation of self-compacting concrete (SCC) when it presents simultaneously the characteristic of being fluid, cohesive and resistant to crashes. Their dosage requires a high content of fines, being common to use mineral and chemical admixtures, such as superplasticizers, and may also use the viscosity modifiers (AMV), that have its application in Brazil very reduced. The search for new materials, such as the admixture based on a biopolymer (BP), presented in this study, and obtained from the residue of shells of crustaceans, which was effective as an AMV on the characteristics of fresh SCC also requires studies of its effects in the hardened state. This study aims to analyze the influence of biopolymer in mechanical strength characteristics and durability, emphasizing the compressive strength and corrosion caused by chloride ions, respectively. Compressive strength tests were performed and corrosion test by the accelerated corrosion modified by immersion test (CAIM). With the analysis of the results of these tests it was found that the BP improves performance of the concrete when added in a percentage of 0.1%, this percentage being indicated for use, and causes performance loss of this 0.2% addition, showing the need for a more detailed study of the microstructure of the concrete and BP compatibility with other additives, binders, and other components of the mixture, allowing their wider use as a viscosity modifier. For corrosion resistance, no significant changes in performance with 0.1% of BP, but with 0.2% the results showed great variability, being inconclusive.

Keywords: SCC. Biopolymer. Mechanical Strength. Corrosion.

1 INTRODUÇÃO

A utilização do concreto auto-adensável (CAA) ainda acontece de forma tímida, embora este material ofereça vantagens às obras, como a eliminação de vibração externa e conseqüente, diminuição da mão-de-obra, consumo de energia e geração de ruídos; agilidade na concretagem, aumento da vida útil das fôrmas, obtenção de peças de maior qualidade e complexidade; fatores estes que quando somados podem provocar redução de custos. É importante salientar ainda o apelo ambiental gerado pelo uso deste material, já que a maioria dos finos empregados são resíduos de indústrias de diversos setores, os quais seriam descartados e causariam impactos ao meio ambiente (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008).

Os aditivos modificadores de viscosidade (AMV) empregados no CAA são, de forma geral, polímeros solúveis em água, podendo ser à base de acrílico ou glicol, celulose, biopolímeros e agentes inorgânicos. Estes aditivos têm como função tornar a mistura mais homogênea e coesa, substituindo os finos do concreto e reduzindo as desuniformidades decorrentes de variações granulométricas.

Os aditivos à base de biopolímeros (BP) atuam sobre a água livre da mistura. Uma vez que não são adsorvidos pelos finos da mistura e não interferem na adsorção dos superplastificantes, são mais recomendados para concretos onde se espera melhor fluidez e viscosidade, como o CAA (FIORENTIN, 2011).

Biopolímeros são polissacarídeos produzidos a partir de microorganismos ou matérias-primas de fontes renováveis, como cana-de-açúcar e milho, normalmente obtidos por processos fermentativos. Mesmo quando em baixas concentrações, eles possuem a capacidade de formar soluções viscosas e géis em meio aquoso. O uso deste material vem crescendo em relação aos polímeros usuais, tendo em vista a atual conscientização ambiental, preservação dos recursos limitados e impostos mais rígidos para se descartar e reciclar os materiais que não possuem natureza biodegradável. Apesar das vantagens claras, o fator financeiro ainda é um grande obstáculo, devido à limitações técnicas que tornam difícil seu processamento e uso como produto final (BRITO et al., 2011; SILVA et al., 2006).

Existem diversas classificações dos biopolímeros de acordo com a matéria-prima e a biodegradabilidade, entre eles, dentro do grupo dos biopolímeros de materiais regeneráveis, biodegradáveis de origem animal, está a quitosana, que é produzida através da deacetilação da quitina, biopolímero presente na carapaça dos crustáceos, paredes celulares de fungos e exoesqueleto dos insetos e que, depois da celulose, é o composto orgânico mais importante da natureza (AZEVEDO et al., 2007).

Diversos documentos de patente citam o uso da quitosana em misturas cimentícias: MSWA-C (1975) cita o uso de uma solução de quitosana com finalidade de aumento de resistência mecânica; Melo et al. (2006) utiliza a quitosana em pó em adição à massa de cimento para o aumento da resistência em pastas cimentantes e TKEN-C (1982) mostra o uso da quitosana para melhorar a viscosidade, porém as propriedades buscadas são bastante diferentes de um CAA.

Quanto às características do concreto no estado endurecido, Isaia (2011) afirma que estas são, essencialmente, a resistência mecânica, a porosidade e a durabilidade. Cada uma destas possui uma gama de variáveis a serem estudadas e levadas em consideração, não sendo possível englobá-las neste estudo. Assim, focar-se-á na resistência mecânica e na durabilidade, sendo esta última mais explorada.

A durabilidade dos concretos torna-se fundamental para uma proposta sustentável, ao considerar que um material mais durável irá gerar menos resíduo e exigir menor consumo de materiais de reparo. Neste sentido, várias pesquisas foram desenvolvidas no Laboratório de Estruturas e Materiais do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, para estudo da durabilidade de diferentes concretos (UCHÔA, 2007; BARROS, 2008; LISBÔA, 2011). Ainda quanto à durabilidade, a penetração de íons cloreto é considerada por diversos autores como a principal causa de corrosão das armaduras em estruturas de concreto armado.

Diante do exposto, esta pesquisa objetiva analisar a influência de um biopolímero (BP), utilizado como aditivo modificador de viscosidade, em características do estado endurecido do CAA, com ênfase na resistência mecânica e no seu desempenho frente à corrosão provocada por íons cloreto.

2 METODOLOGIA

O método escolhido foi a pesquisa experimental, onde o objeto de estudo foi a ação de um biopolímero como aditivo modificador de viscosidade, com foco na ação deste material frente as características do estado endurecido do CAA. O biopolímero empregada nesta pesquisa é obtido do resíduo de carapaças de crustáceos. O impacto do uso deste material para o estado de Alagoas pode se refletir no aproveitamento de rejeitos produzidos pelo setor de pesca de crustáceos, transformando-os em matéria-prima com alto valor agregado.

Foram analisadas diferentes dosagens do BP, dentro da faixa recomendada por fabricantes de aditivos modificadores de viscosidade disponíveis no mercado, além da sua compatibilidade com dois tipos de cimento comumente utilizados no mercado da construção civil de Alagoas. Para este fim, foram realizados ensaios de resistência à compressão e de corrosão acelerada.

2.1 Produção do CAA

O traço de referência dos concretos ensaiados, obtido com base em Lisbôa (2004), foi 1:0,43:2:1,63:0,5 (0,425% de superplastificante), estando no formato cimento:resíduo de beneficiamento de mármore e granito:areia:brita:água. Foram produzidos 25 litros de cada concreto para suprir a quantidade necessária para os ensaios do estado fresco e a moldagem dos corpos de prova.

Foi adotada substituição de 30% da massa de cimento pela adição mineral e fator água/cimento (a/c) de 0,5. Foram produzidos três concretos para cada tipo de cimento, sendo um com teor zero da solução de BP, de maneira a servir como referência para a avaliação das propriedades, e dois com teores 0,1 e 0,2%. Esse teores foram escolhidos com base na escala logarítmica (0; 0,1; 0,2 e 0,5) e o teor de 0,5% foi eliminado por apresentar-se muito viscoso e impossibilitar a realização dos ensaios do estado fresco e moldagem dos corpos de prova.

Para a análise dos resultados de resistência à compressão eles serão tratados como CP V REF, CP II REF, CP V 0,1%, CP II 0,1%, CP V 0,2% e CP II 0,2%. Para o ensaio de corrosão acelerada por imersão modificada - CAIM os concretos serão tratados como CP V REF B6, CP V REF B4, CP II REF B1, CP II REF B3, CP V 0,1 B7, CP V 0,1 B5, CP II 0,1 B2, CP II 0,1 B8, CP V 0,2 B12, CP V 0,2 B13, CP II 0,2 B10 e CP II 0,2 B11, cujas nomenclaturas fazem referência ao cimento utilizado, à porcentagem de adição do BP e o número da barra de ferro que foi colocada no centro de cada corpo de prova.

Os valores dos teores de biopolímero utilizados estão contidos na faixa de 0,1 a 0,5% em relação à massa de cimento, que é a recomendada por fabricantes de aditivos modificadores de viscosidade já comercializados. Além desses materiais, foram utilizados aditivo superplastificante à base de policarboxilatos, areia natural da região como agregado miúdo e pedra britada com dimensão característica máxima de 9,5 mm como agregado graúdo.

Inicialmente, optou-se por variar o tipo de cimento e de adição mineral. Foram escolhidos os cimentos CP V ARI e CP II F – 32, por serem os mais utilizados pelas concreteiras e construtoras do estado de Alagoas. E para as adições, as escolhas foram o resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG) e o Metacaulim. Analisando-se os resultados dos ensaios iniciais do estado fresco, verificou-se que a composição com o Metacaulim apresentava resultados pouco conclusivos por tratar-se de um material que já promove aumento significativo na resistência à compressão e viscosidade das misturas que compõe, então essa adição foi descartada e ficou-se apenas com o RBMG. Por problemas relacionados ao fornecedor, também houve mudança nos tipos de cimento, passando-se a utilizar CP II E – 32 em substituição ao CP II F - 32. Os demais materiais permaneceram inalterados.

2.2 Ensaio de resistência a compressão

Para execução do ensaio de resistência à compressão, foram moldados corpos de prova cilíndricos, com dimensões 10x20 mm, de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2008). Esses corpos de prova foram rompidos em idades especificadas na NBR 5739 (ABNT, 2007). Optou-se por moldar 04 corpos de prova, sendo um deles destinado à ruptura aos 7 dias de idade e os outros 3 aos 28 dias.

2.3 Ensaio de corrosão acelerada por imersão modificada (CAIM)

Para se executar o ensaio de corrosão, é necessário simular uma estrutura real. Então, o primeiro passo desse ensaio foi a concepção de uma fôrma que pudesse conter uma barra de aço central, de maneira a reproduzir em escala reduzida uma estrutura de concreto armado.

As barras escolhidas foram de aço CA-50, com bitola de 10 mm. Para prepará-las, foram cortados pedaços de 20 cm e em seguida se realizou um processo de limpeza por imersão em uma solução de concentração 10% de ácido sulfúrico (H₂SO₄), de acordo com a norma ASTM G109 (1992), e posterior limpeza com escova de aço. Caso necessário, as barras podem ser envoltas em papel filme e guardadas até o momento da execução do ensaio. As barras foram pesadas, identificadas e isoladas com fita isolante nos 10 cm centrais.

Também foram utilizados cerca de 50 litros de água destilada para obtenção de uma solução de 3,5% de NaCl. Além da solução, foi necessários extensão, cabos e conectores, malha de aço inoxidável, recipientes retangulares, multímetros de alta impedância e uma fonte de tensão contínua de 60V, afim de se montar o sistema representado na Figura 1.

Figura 1 - Sistema do ensaio de Corrosão Acelerada por Imersão Modificada



Fonte: Autores

Os corpos de prova foram moldados de maneira que metade da barra ficou no interior do concreto e a outra metade do lado de fora. Após 24h os corpos de prova foram colocados no tanque de cura. Para essa imersão, foi preciso isolar todo comprimento da barra que estava fora do concreto. Esses CPs foram retirados com 21 dias de idade para o início do ensaio.

O ensaio, adaptado do sugerido por Torres (2006), funciona como uma pilha eletroquímica, onde a solução de 3,5% de NaCl é o eletrólito, a malha, o cátodo, e a barra de aço, o ânodo, exatamente onde deve ocorrer a oxidação do metal e consequente perda de massa da barra. O concreto dificulta a passagem dos íons cloreto, servindo de proteção para a barra de aço. O ensaio consiste em aplicar uma tensão contínua nos corpos de prova, de forma a acelerar a penetração dos íons cloretos, sendo esperado que eles vençam a barreira de passivação das barras e se inicie, assim, o processo de corrosão das mesmas. Para tal fim, realizaram-se ciclos de aplicação e medida da diferença de potencial e da corrente elétrica resultante da aplicação desse potencial. A fonte permanecia ligada das 8h às 17h e eram feitas medições, a cada 1h, da tensão que estava sendo aplicada e da corrente que passava em cada CP. Ao final, os corpos de prova foram rompidos diametralmente e as barras foram retiradas. Em seguidas, elas foram mais uma vez limpas e pesadas, de maneira a se determinar a perda de massa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este tópico apresenta os resultados obtidos através dos ensaios de resistência à compressão, executado de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007), e do ensaio de corrosão acelerada por imersão modificada, executado de acordo com a ASTM G109 (1992). Após a exposição dos resultados, é feita a análise crítica dos mesmos em comparação com a literatura estudada.

3.1 Ensaio de resistência à compressão

Na Tabela 1 encontram-se os resultados dos ensaios de resistência à compressão realizados aos 07 e 28 dias de idade.

Tabela 1 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão

CP	Resistência aos 07 dias (MPa)	Resistência aos 28 dias (MPa)
CP V REF	39,7	42,8
CP V 0,1%	39,1	45,5
CP V 0,2%	32,2	40,4
CP II REF	29,3	35,5
CP II 0,1%	32,7	48,1
CP II 0,2%	23,7	34,3

Fonte: Autores

Observa-se que aos 07 dias de idade, todos os CPs compostos por CP V apresentaram maior resistência à compressão que os compostos por CP II, o que é esperado por se tratar de um cimento de alta resistência inicial. Ainda para a referida idade, os concretos de CP V tiveram reduções de 1,6% e 18,9% da resistência com a adição de 0,1% e 0,2% de BP, respectivamente. Nos concretos de CP II, observou-se aumento de 11,5% da resistência com a adição de 0,1% de BP, e diminuição de 27,7% da resistência com a adição de 0,2% de BP.

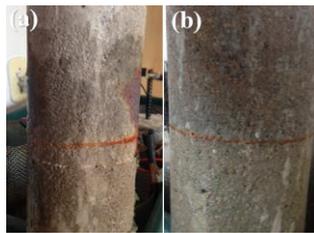
Todos os CP's tiveram ganho de resistência dos 07 para os 28 dias, mostrando que o BP não influenciou as reações de hidratação do cimento. Aos 28 dias, com um teor de 0,1% de BP, os concretos sofreram aumento da resistência mecânica de 6,3% para o CP V e de 35,5% para o CP II. Já com 0,2% de BP houve uma diminuição da resistência mecânica de 11,2% para o CP V e de 28,7% para o CP II.

Assim, como resultado deste ensaio, observou-se ganho de resistência dos concretos com 0,1% de BP e diminuição com o aumento dessa porcentagem para 0,2%. No entanto, os dados de resistência à compressão não seguiram os encontrados na revisão bibliográfica e patentária. Melo et al. (2007), que trabalharam adicionando quitosana em pó em pastas de cimento, encontraram resultados superiores da resistência mecânica das pastas com quitosana aos da pasta sem quitosana. O mesmo foi observado por Lisbôa (2011), que trabalhou com concretos com adições de RBMG e solubilização de quitosana e também obteve valores crescentes de resistência conforme o aumento da porcentagem de adição. Porém, nenhum dos estudos apontados trabalhou com CAA.

3.2 Ensaio de corrosão acelerada por imersão modificada (CAIM)

Estimou-se, com base no comportamento do concreto referência produzido com o CP II E – 32, que a duração do ensaio se estenderia por 22 dias. Os primeiros CPs ensaiados foram os CP II REF B1 e CP II REF B3. As manifestações de corrosão se apresentaram inicialmente através de machas diamétricas, próximas à altura em que acabava o contato com a solução de 3,5% de NaCl, e de fissuras (Figura 2).

Figura 2 - Mancha diametral no CP II 0,2% B11 (a) e no CP V 0,2% B10 (b)



Fonte: Autores

Após o aparecimento das manchas diametraes, surgiram manchas no topo do CP, especificamente em volta da barra (Figura 3) e posteriormente nas laterais. O CP II REF B3 apresentou fissuras longitudinaes, na direção da barra, e também diametraes, próximas a região que esteve em contato com a solução de 3,5% de NaCl. O CP II REF B1 só apresentou fissura longitudinal.

Figura 3 - Mancha no topo do CP II REF B1

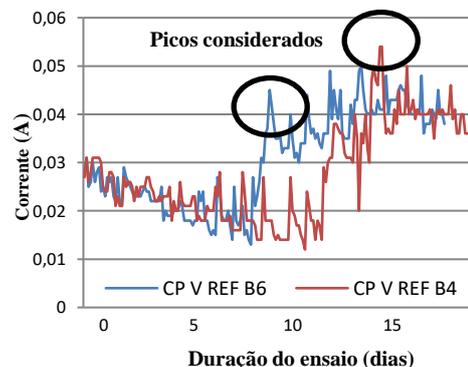


Fonte: Autores

Cinco dias após o início do ensaio, o CP V REF B6 e CP V REF B4 foram adicionados ao circuito. O primeiro a apresentar alguma manifestação patológica foi o CP V REF B4, cujo topo ficou manchado na região próxima à barra. Em seguida se desenvolveram fissuras no sentido longitudinal. O CP V REF B6 apresentou fissuras longitudinaes.

Com os valores de corrente medidos, foi possível visualizar o comportamento das barras durante os dias de ensaio. O CP V REF B4 apresentou o pico de corrente de 0,55 A no décimo sétimo dia, porém, a fissuração se iniciou no nono dia. O CP V REF B6 apresentou pico de corrente de 0,045 A no décimo primeiro dia de ensaio, no mesmo dia se iniciaram as fissuras (Figura 4).

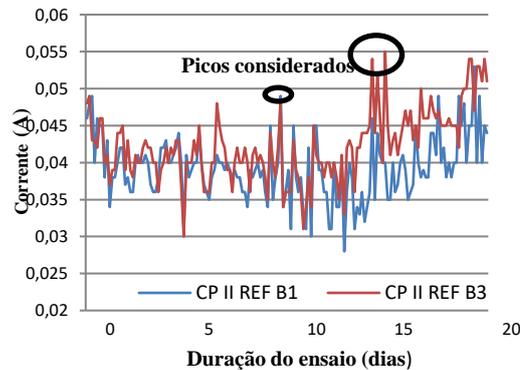
Figura 4 - Gráfico da variação da corrente ao longo do tempo de ensaio para os concretos de referência com CP V



Fonte: Autores

Para o CP II REF B3, o pico de corrente de 0,55 A ocorreu no sétimo dia e o início da fissuração se deu no décimo segundo dia de ensaio. O CP II REF B1 apresentou pico de corrente de 0,05 A no décimo dia de ensaio, mesmo dia em que se iniciou a fissuração (Figura 5).

Figura 5 – Gráfico da variação da corrente ao longo do tempo de ensaio para os concretos de referência com CP II E



Fonte: Autores

A Figura 6 detalha as manifestações patológicas ocorridas durante o ensaio nos referidos CPs de referência.

Figura 6 - Vistas dos CP V REF B4 (a), CP V REF B6 (b), CP II REF B1 (c) e CP II REF B3 (d) ao final do ensaio



Fonte: Autores

Os concretos cujo teor de adição do BP foi de 0,1% tiveram comportamento semelhante aos CPs de referência (de acordo com o tipo de cimento). O CP V 0,1 B5 e o CP V 0,1 B7 apresentaram fissuras longitudinais e diametrais no décimo primeiro dia de ensaio. O CP V 0,1 B7 apresentou perda de massa na região central da barra e houve deposição produtos de corrosão na superfície do corpo de prova. O CP II 0,1 B2 e o CP II 0,1 B8 começaram a fissurar longitudinal e diametralmente no décimo dia de ensaio. Em ambos houve a ocorrência de manchas avermelhadas em quase todo o perímetro dos CPs. No CP II 0,1 B2 também houve perda de massa na região central da barra. A Figura 7 exhibe as manifestações patológicas que se apresentaram nos CPs com 0,1% de adição de BP.

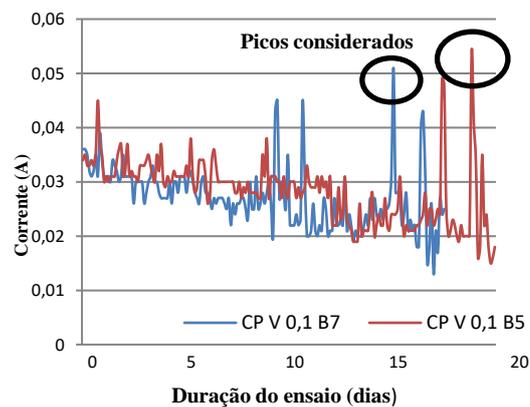
Figura 7 - Vistas dos CP V 0,1 B5 (a), CP V 0,1 B7 (b), CP II 0,1 B2 (c) e CP II 0,1 B8 (d) ao final do ensaio



Fonte: Autores

Com relação ao comportamento da corrente, para o CP V 0,1 B7, o pico de 0,05 A ocorreu no décimo sétimo dia. No CP V 0,1 B5, o pico de 0,055 A ocorreu no vigésimo primeiro dia de ensaio (Figura 8).

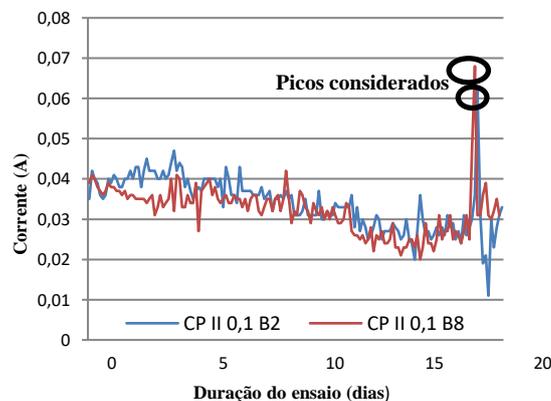
Figura 8 - Gráfico da variação da corrente ao longo do tempo de ensaio para os concretos com CP V e adição de 0,1% de BP.



Fonte: Autores

Para os CP II 0,1 B2 e CP II 0,1 B8, o pico de corrente foi observado no vigésimo primeiro dia de ensaio e atingiu, respectivamente, valores próximos à 0,065 e 0,07 A aproximadamente (Figura 9).

Figura 9 - Gráfico da variação da corrente ao longo do tempo de ensaio para os concretos com CP II E e adição de 0,1% de BP



Fonte: Autores

Os concretos com 0,2% de teor de adição do BP compartilharam particularidades entre si. O CP V 0,2 B12 apresentou fissuras de comprimento pequeno, dispostas tanto longitudinalmente como diametralmente, manchas com tons de marrom escuro e esverdeado concentradas na região central do CP e manchas brancas, possivelmente de depósito salino, além de deposição de produtos da corrosão na superfície do corpo de prova. O CP V 0,2 B13 apresentou fissuras na direção paralela a barra, manchas de tons avermelhados na região central e em tons de verde e marrom escuros na parte de inferior do CP. Observou-se também deposição de produtos de corrosão nas fissuras e depósito salino ao longo do diâmetro do corpo de prova. O CP II 0,2 B10 apresentou fissuras ao longo do diâmetro, com um grande depósito do produto da corrosão na superfície do CP, manchas marrons escuras concentradas em uma região mais central e depósitos esverdeados na região inferior. O CP II 0,2 B11 apresentou fissura na direção longitudinal do corpo de prova e manchas marrons avermelhadas e verdes escuras concentradas ao longo dessa fissura. A Figura 10 exibe as manifestações patológicas que se apresentaram nos CPs com 0,2% de adição de BP.

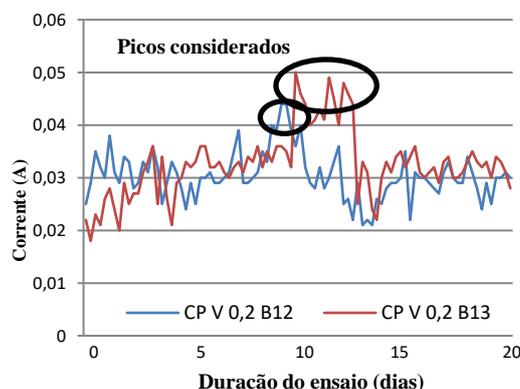
Figura 10 - Vistas do CP V 0,2 B12 (a), CP V 0,2 B13 (b), CP II 0,2 B10 (c) e CP II 0,2 B11 (d) ao final do ensaio



Fonte: Autores

Com relação ao comportamento da corrente, no CP V 0,2 B12 o pico se deu no décimo dia de ensaio com corrente de 0,045^a. No CP V 0,2 B13 observou-se uma espécie de patamar de pico entre o décimo e o décimo quinto dia de ensaio, com valores de corrente próximos à 0,05A (Figura 11).

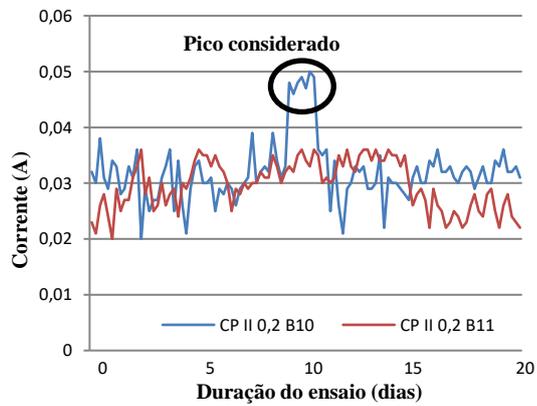
Figura 11 - Gráfico da variação da corrente ao longo do tempo de ensaio para os concretos com CP V e adição de 0,2% de BP



Fonte: Autores

O CP II 0,2 B11 não apresentou pico, a curva inteira exibiu subida e posterior descida, que variaram em torno de 0,02 a 0,004A. O CP II 0,2 B10 apresentou patamar de pico entre o décimo e o décimo terceiro dias de ensaio, com valores de corrente próximos à 0,05A (Figura 12).

Figura 12 - Gráfico da variação da corrente ao longo do tempo de ensaio para os concretos com CP II E e adição de 0,2% de BP



Fonte: Autores

A Tabela 2 apresenta os valores referentes à perda de massa das barras que foram inseridas no centro dos corpos de prova. Essa perda ocorreu de maneira mais significativa nos concretos 0,2% de adição do BP, o CP V 0,2 B13 e CP II 0,2 B10. Como esses concretos apresentaram uma perda da resistência mecânica com a adição do BP, acredita-se que a estrutura dos mesmos possuía maior quantidade de vazios, facilitando assim a difusão iônica e o ataque dos íons cloretos às barras de aço. O melhor valor ocorreu para o CP V 0,1 B5, com apenas 2,44% de perda.

Tabela 2 - Valores de perda percentual de massa das barras ensaiadas

CP	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Perda de Massa (%)
CP V REF B4	121,77	116	4,74
CP V REF B6	121,81	116,5	4,36
CP II REF B1	122,01	116,2	4,76
CP II REF B3	121,85	115,1	5,54
CP V 0,1 B5	121,16	118,2	2,44
CP V 0,1 B7	122,61	116,1	5,31
CP II 0,1 B2	120,72	114,6	5,07
CP II 0,1 B8	120,16	114,7	4,54
CP V 0,2 B12	120,9	115,6	4,38
CP V 0,2 B13	121,93	107,9	11,51
CP II 0,2 B10	120,75	112,2	7,08
CP II 0,2 B11	122,73	119	3,04

Fonte: Autores

4 CONCLUSÕES

De forma geral, o comportamento do BP foi contraditório, tendo em vista que a revisão bibliográfica e patentária mostrou que o aumento da quantidade de

quitosana adicionada à mistura promove incrementos de resistência. Porém, nesta pesquisa, enquanto a adição de 0,1% implicou em melhora das propriedades estudadas, os valores encontrados para os concretos com adição de 0,2% da solução de BP tiveram grande variabilidade.

Os concretos com adição de 0,1% de adição de BP, tiveram aumento da resistência mecânica de 6,31% para os produzidos com CP V e 35,49% para os com CP II E. Com relação a corrente, as barras do concreto de referência produzido com CP V apresentaram valores de pico aos 11 dias de ensaio, enquanto as barras em contato com as misturas com 0,1% de adição do BP apresentaram o pico com 17 dias. Para os traços com CP II E o pico aconteceu aos 10 dias para as barras dos concretos sem BP, enquanto que nas barras das misturas com 0,1% de BP o pico da corrente foi identificado aos 17 dias. Sabe-se, porém, que o processo corrosivo não ocorre de maneira linear e que o comportamento da corrente não pode ser considerado de maneira isolada, mas identifica-se um ganho também nessa propriedade.

É possível concluir que a porcentagem de 0,1% de adição do BP melhorou a resistência tanto para os concretos com CP V ARI como para os com CP II E e não causou prejuízos com relação à perda de massa.

Para os concretos com adição de 0,2% de BP, houve perda na resistência à compressão para ambos os tipos de cimento. Fazendo-se necessário um estudo mais detalhado da microestrutura desses concretos a fim de verificar se a adição do BP aumenta a heterogeneidade da mistura causando essa perda de desempenho.

Por fim, conclui-se que é necessário realizar um estudo mais detalhado da compatibilidade do BP com os agregados, aglomerantes e demais aditivos utilizados para a produção dos concretos, a fim de identificar e melhorar as possíveis incompatibilidades, permitindo um uso mais amplo deste material como modificador de viscosidade.

REFERÊNCIAS

TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, D. C. **Concreto Auto-Adensável**. 1. ed. São Paulo: Editora PINI, 2008.

FIORENTIN, T. R. **Influência do Aditivo Modificador de Viscosidade e do Fíler Calcário no Comportamento de Pastas e Argamassas de Concreto Auto-Adensável**. 2011. 68p. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2011.

BRITO G. F.; AGRAWAL P.; ARAÚJO E. M.; MÉLO T. J. A. **Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes**, p. 127–139, 2011. Campina Grande.

SILVA H. S. R. C.; SANTOS K. S. C. R.; FERREIRA E. I. **Quitosana: Derivados Hidrossolúveis, Aplicações Farmacêuticas e Avanços**. p 776-785, 2006. São Paulo.

AZEVEDO V. V. C.; CHAVES S. A.; BEZERRA D. C.; LIA FOOK M. V.; COSTA A. C. F. M. **Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais**. p. 27-34, 2007. Campina Grande.

MSWA-C - MISAWA HOME SOGO KE. **Hydraulic concrete of high mechanical strength - prepd. by mixing acidic chitosan soln. with cement**. JP 52022026-A; JP 83005861-B. 13 aug 1975.

- Melo A. F. M.; Melo D. M. A.; Araújo R. G. S.; Martinelli A. E. **Pasta cimentante contendo quitosana**. BR PI0600628-0. 23 fev 2006.
- TKEN-C - TAKENAKA KOMUTEN CO. **Spraying concrete or mortar - with addn. of cationic polymer e.g. chitosan to increase viscosity without clogging spray pipe**. JP 59109663-A. 15 dez 1982.
- ISAIA, G. C. (ED.). **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1ª ed. Ibracon, 2011.
- UCHOA, S. B. B. **Inibição de corrosão em concreto armado: eficiência e comportamento do sistema tiouréia/molibdato de sódio**. 2007. 218 p. Tese – Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.
- BARROS, P. G. S. **Avaliação das Propriedades de Durabilidade do Concreto Auto- Adensável Obtido com Resíduo de Corte de Mármore e Granito**. 2008. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.
- LISBÔA, E. M. **Avaliação da influência da adição de um biopolímero e de resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG) nas características de pastas de cimento Portland**. 2011. Tese – Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.
- LISBÔA, E. M. **Obtenção de Concreto Auto-Adensável Utilizando Resíduo de Beneficiamento do Mármore e Granito e Estudo De Propriedades Mecânicas**. 2004. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5738**: Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- _____. **NBR 5739**: Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Determining the effects of Chemical Admixtures on the Corrosion of Embedded Reinforcement in Concrete exposed to Chloride Environments**: ASTM G 109-91. Philadelphia, 1992. 5p.
- TORRES, A. S. **Avaliação da Sensibilidade do Ensaio CAIM – Corrosão Acelerada po Imersão Modificada – Frente ao Processo de Corrosão em Armaduras de Concreto Armado**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2006.
- MELO, M. A. F. ; MELO, Dulce Maria de Araújo ; ARAÚJO, Romero Gomes da Silva ; MARTINELLI, A. E.. **PASTA CIMENTANTE CONTENDO QUITOSANA - PI0600628-0 A2**. 2007