

Autorização concedida ao Repositório Institucional da Universidade de Brasília (RIUnB) pela Professora Valdirene Maria Silva Capuzzo, em 16 de outubro de 2018, para disponibilizar o trabalho, gratuitamente, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da obra.

REFERÊNCIA

SOUZA, Geraldo Fábio Alves de et al. Avaliação da utilização de aditivo biopolimérico a base de *Opuntia ficus indica* em materiais cimentícios. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 60., 2018, Foz Iguaçu. **Anais...** Foz Iguaçu: IBRACON, set. 2018.



Avaliação da utilização de aditivo biopolimérico a base de *Opuntia ficus indica* em materiais cimentícios

*Evaluation of the use of biopolymer admixture based on *Opuntia ficus indica* in cementitious materials*

Geraldo Fábio Alves de Souza (1), Valdirene Maria Silva Capuzzo (2), Fabricio Machado Silva (3), Calebe Araújo Azevedo (4), Johnnatan Vinícius Almeida Nogueira (5)

(1) *Mestrando, Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília - PECC/UnB*

(2) *Professora Doutora, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – PECC/UnB*

(3) *Professor Doutor, Divisão de Química Tecnológica - Instituto de Química / UnB*

(4) *Graduando, Engenharia Civil, UnB*

(5) *Graduando, Engenharia Civil, UnB*

Resumo

O uso de biopolímeros para modificações de materiais cimentícios já é consolidado, sendo a base para uma grande quantidade de aditivos. O cactus *Opuntia ficus indica* é conhecido no Brasil como Palma Forrageira ou figueira da Índia, no México é conhecido como Nopal. O biopolímero extraído do cactus tem aplicação na construção civil há milhares de anos, com registro do uso deste produto na construção das pirâmides mexicanas, cerca de 100 D.C., até os dias de hoje. O objetivo desse trabalho foi avaliar o uso da mucilagem do cactus *Opuntia Ficus Indica* (MOFI) como aditivo para microconcretos. A investigação se baseou na proposta de um aditivo acessível, prático e econômico para incrementar as propriedades dos materiais cimentícios. Na dosagem dos microconcretos foi utilizado aditivo biopolimérico MOFI em substituição à água de amassamento, nos teores 0%, 40% e 100%. No estado fresco foram realizados os ensaios de mesa de consistência (espalhamento), penetração de cone e vane test. No estado endurecido foram realizados os ensaios de resistência a compressão simples nas idades de 1, 3, 7 e 28 dias. No estado fresco os diferentes métodos utilizados corroboram a influência do aditivo MOFI nas propriedades reológicas dos microconcretos estudados, provocando o aumento da tensão de escoamento. Os resultados obtidos também apontam a influência do aditivo MOFI na resistência mecânica, com incremento de 23% da resistência a compressão axial simples para a substituição total da água de amassamento.

Palavra-chave: biopolímeros, Aditivo natural, Opuntia ficus Indica, consistência, microconcreto.

Abstract

The use of biopolymers for modifications of cementitious materials is already consolidated, being the basis for a large quantity of admixtures. The cactus *Opuntia ficus indica* is known in Brazil as the Forage Palm or fig tree of India. In Mexico as Nopal. It has been applied in the civil construction for thousands of years, with record of use of this product in the construction in the Mexican pyramids, around 100 D.C., until the present day. It is used with the function of improving the performance of coating mortars, paints, waste water treatment and others. This work evaluated the use of mucilage of cactus *Opuntia Ficus Indica* (MOFI) for the purpose of improving microconcrete performance. The research was based on the proposal of an affordable, practical and economical admixture to increase the properties of cement materials. In the properties of fresh state were performed tests of consistency. In the properties of hardened state, compression strength tests were performed at the ages of 1, 3, 7 and 28 days. In the microconcrete dosage, an admixture was used to replace the water at 0%, 40% and 100%. The results showed the influence of the MOFI admixture on the mechanical properties, with an increase in the compression strength of 23%. In the properties of fresh state the different methods confirm the influence on the rheological properties with the increase of the drainage tension.

Keywords: biopolymers, natural admixture, Opuntia ficus Indica, consistency



1 Introdução

A busca de alternativas para redução de impactos ambientais no setor da construção civil é um desafio em todo mundo. Neste cenário é de suma importância o gerenciamento dos recursos e o desenvolvimento de tecnologias de fácil acesso. Ademais, para obter o êxito na popularização de tecnologias é importante que os processos sejam simplificados.

A utilização de aditivos orgânicos, para materiais cimentícios é uma opção viável para a redução dos impactos ambientais. É possível a produção de aditivos biopoliméricos com procedimentos simples e acessíveis. O baixo custo é um atrativo extra para a adoção destes produtos. São produtos que aumentam a durabilidade dos materiais contribuindo assim para a redução do consumo de recursos e também reduzindo a geração de resíduos em função do aumento da vida útil.

Materiais constituídos de proteínas, polissacarídeos, ácidos graxos e outros podem ser usados como aditivos naturais. Têm a vantagem adicional do menor custo e mínimos impactos ambientais para sintetização. O uso destes materiais em argamassas é antigo e tradicional e continuam sendo usados até os dias atuais em países latinos (VENTOL *et al.*, 2011).

Os biopolímeros são materiais poliméricos classificados estruturalmente como polissacarídeos, poliésteres ou poliamidas. A matéria-prima principal para sua manufatura é uma fonte de carbono renovável, geralmente um carboidrato derivado de plantios comerciais de larga escala como cana-de-açúcar, milho, batata, trigo e beterraba ou um óleo vegetal extraído de soja, girassol, palma ou outra planta oleaginosa (PRADELLA, 2006).

No México, os povos pré-colombianos já utilizavam os polímeros naturais para melhorar o desempenho e a durabilidade das suas construções e também a trabalhabilidade das argamassas. Ainda hoje os mexicanos utilizam o cactus *Opuntia ficus-indica* (OFI) em várias aplicações da construção civil (RODRIGUEZ-NAVARRO *et al.*, 2017; SÁENZ *et al.*, 2013).

O cacto OFI, conhecido no Brasil como Palma forrageira ou figueira da Índia e no México como Nopal, contém vários aminoácidos, açúcares (como arabinose, galactose, ramnose e ácido galacturônico) e minerais como cálcio, potássio e sódio. O cálcio é o principal mineral e ocorre em grande parte como o oxalato de cálcio. A presença destes minerais sugere que esta planta pode permanecer estável por longos períodos, com mínima ou nenhuma degradação de seus produtos em meios altamente alcalinos (HERNÁNDEZ; CANO-BARRITA; TORRES-ACOSTA, 2016)(LEÓN-MARTÍNEZ *et al.*, 2014).

A mucilagem de *Opuntia ficus-indica* (MOFI) é um composto de complexos polissacarídeos, que são capazes de absorver grandes quantidades de água, dissolvendo-se e dispersando-se para formar colóides viscosos ou gelatinosos (E. SEPULVEDA, C. SAENZ, E. ALIAGA, 2007).

A mucilagem do *Opuntia ficus indica* (MOFI) é usada em diversas aplicações na construção civil. Como aditivo para materiais cimentícios, há registro do uso na redução da retração, ANAIS DO 60º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2018 – 60CBC2018

aumento das resistências mecânica a compressão e tração, redução da porosidade e consequente redução na absorção e permeabilidade de água, modificação da viscosidade no estado fresco, inibição da corrosão do aço de armadura. A MOFI também é usada como fixador de pinturas naturais. A purificação de água potável, melhora da infiltração de água em solos (TORRES-ACOSTA; MARTÍNEZ, 2005; RAMÍREZ-ARELLANES *et al.*, 2012; LEÓN-MARTÍNEZ *et al.*, 2014; MARTÍNEZ-MOLINA *et al.*, 2015).

Hernandez *et al.*, (2016) verificaram os efeitos da mucilagem nas propriedades mecânicas e nos indicadores de durabilidade em concretos com relações a/c de 0,3 e 0,6. A água de amassamento foi substituída integralmente pela mucilagem. Em relação as amostras de controle, as amostras contendo MOFI apresentaram melhorias nas propriedades mecânicas a permeabilidade aos íons cloretos e as frentes de carbonatação foram reduzidas, especialmente com a a/c reduzida. Os autores apontam a melhor hidratação do cimento como razão.

Outro trabalho que avaliou diversos parâmetros de durabilidade e propriedades mecânicas em materiais a base de cimento com aditivo a base do cactus OFI foi proposto por Martinez - Molina et al (2015). Concluíram que a mucilagem é promissora como aditivo já que alcançou a redução da porosidade, aumento da resistividade elétrica e aumento da resistência mecânica. Os autores apontam ainda melhoras na hidratação do cimento, denominando o MOFI como superabsorvente orgânico. Castillo (2012) avaliou a mucilagem como agente de cura interna e concluiu que houve melhora na hidratação do cimento reduzindo a retração por secagem e também a retração autógena.

Também é destacado a pesquisa apresentada por Leon - Martinez *et al.*, (2014). Foram obtidos bons resultados substituindo um aditivo comercial modificador de viscosidade por aditivo a base de mucilagem de cactus para concretos auto adensáveis.

O presente trabalho analisou os efeitos da substituição da água de amassamento de microconcretos pelo aditivo MOFI. O aditivo foi produzido com cactus coletados no Distrito Federal e através de processos simples. Para avaliação dos efeitos no estado fresco utilizou-se três diferentes técnicas de avaliação da consistência e no estado endurecido foram realizados ensaios de resistência a compressão simples.

2 Materiais e Métodos

Nos vários trabalhos publicados em que a mucilagem serve como aditivo, há grande variabilidade na extração. Optou-se por um método que fosse prático e acessível. O procedimento de extração foi baseado nos trabalhos de Abraján (2008), Contreras-Padilla *et al.* (2016) e Leon Martinez *et al.* (2014).

A figura 1(a) e 1(b) mostram o local de coleta do cactus e a etapa de corte das palmas para o preparo do aditivo MOFI.



(a)



(b)

Figura 1 – (A) Plantio do Cactos *Opuntia ficus-indica* em Sobradinho – DF (b) Preparo do cacto para extração da MOFI

Para a produção do aditivo biopolimérico foi utilizado o cacto OFI coletado em uma plantação localizada as margens da BR-040, nas proximidades de Sobradinho – DF, Figura 1(a). Os tamanhos dos cladódios da planta dependem da idade e da quantidade de água e nutrientes recebidos no crescimento. (RIBEIRO *et al.*, 2010). Para este trabalho todo cacto utilizado foi coletado no mesmo local e mesmo período, fevereiro de 2018, evitando os possíveis efeitos de variação do solo e clima. A coleta seguiu critérios definidos como tamanho e idade.

Após a coleta dos cladódios (raquetes) foi feita a limpeza das peças com escovação para remoção de espinhos e sujeiras grosseiras. Em seguida, desinfecção das plantas com molho em solução comercial de 5% de hipoclorito de sódio por 10 minutos. Por fim, foram enxaguadas em água corrente. A extração foi feita por imersão em meio aquoso. As raquetes de palma foram picadas, Figura 1(b), e colocadas em água por 24 horas em temperatura ambiente. A proporção de cactos e água foi 1:3. Descartada a biomassa e realizada a filtragem, utilizando funil buchner com malha de aproximadamente 0,2 mm e bomba de vácuo, adquire-se o aqui denominado aditivo MOFI. A concentração utilizada neste estudo foi de 0,4%, conforme metodologia prevista na ABNT 10908, (2008). O produto foi acondicionado em recipientes fechados e em temperatura controlada máxima de 30° até o momento do uso. A produção do aditivo foi realizada no Laboratório de desenvolvimento de Processos (LDP-IQ /UnB). A concentração de sólidos do produto utilizado foi de 0,4%.

Os microconcretos estudados foram fabricados com cimento Portland de Alta Resistência Inicial, CPV-ARI. A escolha foi em razão de ser o cimento comercial com menor teor de adições minerais, o que proporciona uma menor interferência nas análises realizadas. Foi utilizada areia natural lavada de rio como agregado miúdo com dimensão máxima de 4,75 mm, modulo de finura 2,75 e peso específico 2,65 g/cm³. A água utilizada no traço foi proveniente do abastecimento público.

Todos os traços tiveram a proporção 1:3 de cimento e agregado miúdo. A relação a/c foi de 0,5 para a mistura de referência. Para os outros traços manteve-se a relação $(a + \text{MOFI}) / c$ em 0,5. A água de amassamento foi substituída pela mucilagem em dois volumes, MOFI 40% e MOFI 100% onde a porcentagem indica o teor de substituição da água pela mucilagem. A tabela

Tabela 1 - Composição dos traços dos microconcretos estudados

Traço	Água	MOFI	a/c ou (a + MOFI) / c	Traço 1:a
Ref	100%	0%	0,5	1:3
MOFI 40%	60%	40%	0,5	1:3
MOFI 100%	0%	100%	0,5	1:3

No estado fresco foram realizados ensaios de determinação do índice de consistência (espalhamento), consistência pelo método de penetração de cone e Vane test.

O índice de consistência foi realizado conforme diretrizes da norma ABNT 7215 (1997). O ensaio mede o espalhamento do material, após o abatimento do tronco de cone moldado, sendo que quanto maior o diâmetro medido menor é a consistência do material.

Pode-se fazer boa correlação entre o ensaio de Vane Test, com a reologia de concretos e argamassas. O torque registrado no rompimento leva ao valor da tensão limite de escoamento. Como está diretamente vinculado à consistência do material, é possível afirmar que quanto maior o valor de tensão de cisalhamento maior será a resistência ao fluxo e ao espalhamento (ESTELLÉ; LANOS, 2012) (HENDRICKX; VAN BALEN; VAN GEMERT, 2009). Para realização do ensaio o trabalho apresentado por BAUER *et al.*, (2007) foi a referência.

Outro ensaio que também traz inferências sobre a reologia, especialmente em termos da tensão de escoamento, é a penetração estática de cone. Como resultado, o ensaio fornece uma avaliação indireta da consistência a partir da profundidade de penetração do cone, expresso em milímetros. A norma de referência para este ensaio é a ASTM C780 (2012)

No estado endurecido verificou-se a resistência a compressão nas idades de 1, 3, 7 e 28 dias com corpos de provas cilíndricos de dimensões de 50x 100 mm.

3 Resultados e discussões

A análise da substituição da água de amassamento pelo aditivo MOFI trouxe resultados significativos, em especial para a substituição integral. No estado fresco percebe-se que há influencia na reologia do material provocando o aumento da tensão de escoamento e no estado endurecido ganhos de resistência à compressão simples consideráveis.

Os resultados dos ensaios no estado fresco são apresentados nas figuras 2 e 3. Os resultados da determinação do índice de consistências, através do espalhamento na mesa de consistência são apresentados na Figura 2 – **Resultados da determinação do Índice de Consistência pelo espalhamento**. A figura 3 (a) traz os resultados medidos para a consistência pelo método de penetração de cone, os resultados estão expressos em milímetros. E por fim, a figura 3(b) expõe os resultados para o ensaio Vane test, com valores para a tensão de escoamento em kPa.

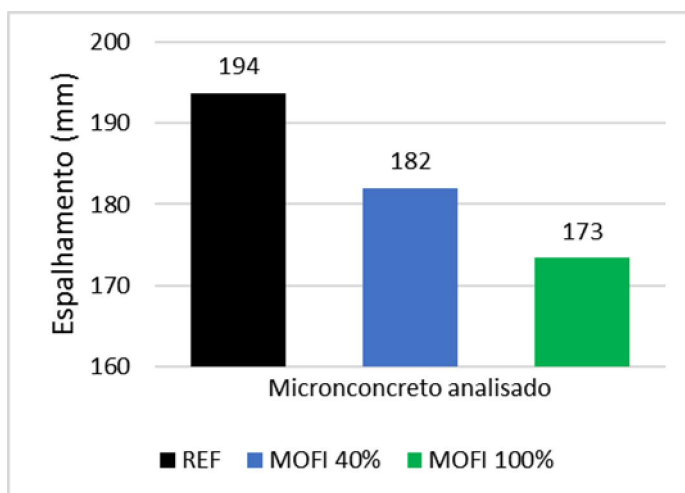
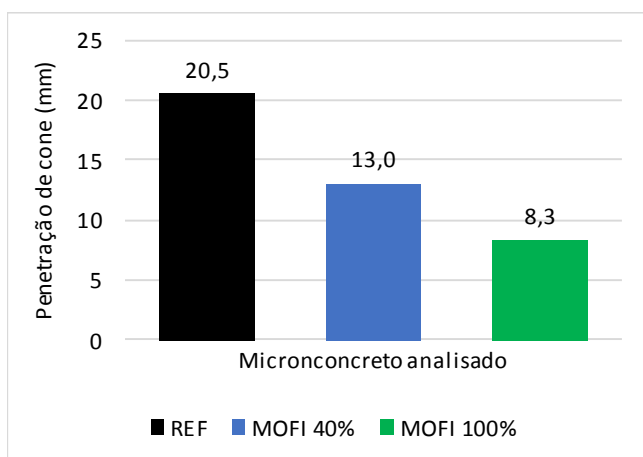
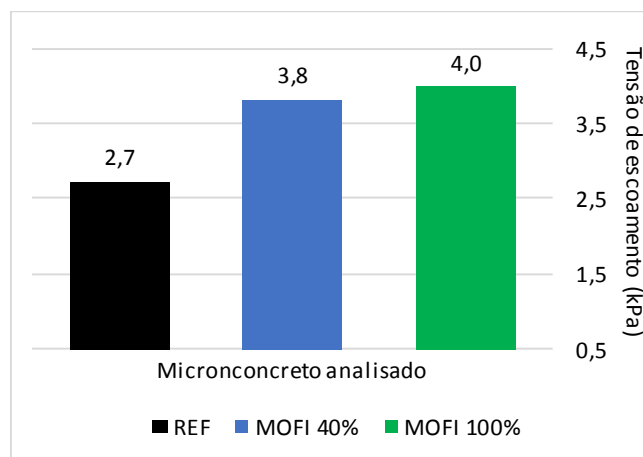


Figura 2 – Resultados da determinação do Índice de Consistência pelo espalhamento



(a)



(b)

Figura 3 - Ensaio no estado fresco (a) Penetração de cone (b) Vane Test

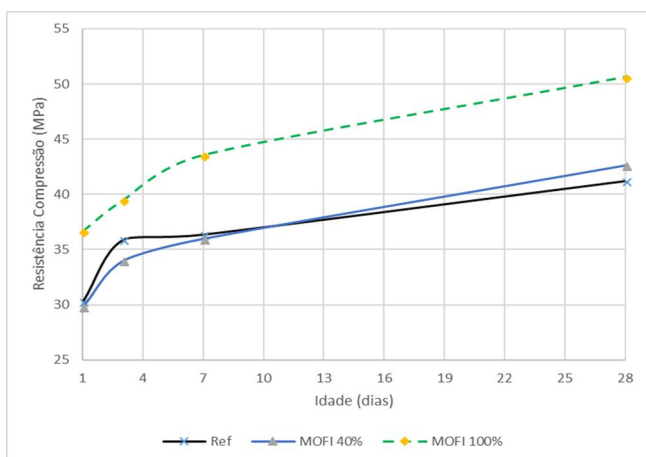
A análise do espalhamento dos microconcretos no estado fresco, figura 2, leva a concluir que há uma relação direta entre o uso do aditivo MOFI e a diminuição do valor medido. Ou seja, a medida que se incorpora o produto na mistura o valor do espalhamento é reduzido. Do traço de controle para o traço MOFI 40% houve uma redução de 6%. Enquanto que a alteração no espalhamento entre as misturas REF e MOFI100% é de 11%, para menor na mistura aditiva.

Os resultados obtidos com alteração no espalhamento são compatíveis com trabalhos que avaliaram a influência do MOFI na viscosidade de materiais cimentícios. Em pesquisa realizada por HERNÁNDEZ; CANO-BARRITA; TORRES-ACOSTA (2016) utilizando diferentes relações a/c com substituição total da água pela mucilagem, todas as misturas apresentaram redução do espalhamento, chegando até 26%. Da mesma forma o uso da mucilagem foi eficiente como aditivo modificado de viscosidade para concretos auto adensáveis (LEÓN-MARTÍNEZ *et al.*, 2014).

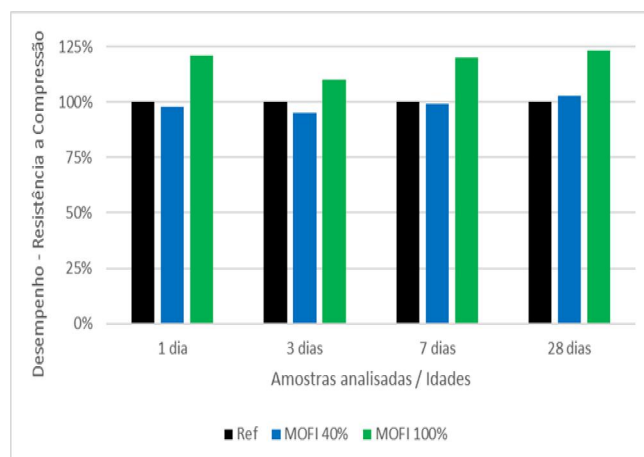
Os resultados obtidos nos ensaios de penetração de cone e Vane test, **Erro! Fonte de referência não encontrada.**(a) e (b), permitem concluir o aumento da tensão de escoamento influenciada pelo uso do aditivo MOFI. O aumento da tensão de escoamento é identificado pela redução na profundidade de penetração do cone. A diminuição do valor da penetração estática do cone indica que a mistura apresenta maior resistência ao fluxo. No ensaio Vane test pode-se mensurar o valor da tensão de escoamento e conforme as figuras 3(a) e 3(b) os valores estão compatíveis entre os métodos empregados permitindo inferir que há aumento na coesão interna das amostras quando aplicado o aditivo biopolimérico.

A análise conjunta dos três métodos de avaliação de consistência são complementares e direcionam para o mesmo entendimento. Os métodos de penetração de cone Vane test estão relacionados a tensão de escoamento do material. A redução do espalhamento pode ser interpretada como o aumento da resistência ao fluxo. Assim, não é difícil perceber que o aditivo MOFI promove a alteração reológica dos microconcretos aumentando a coesão interna das misturas analisadas.

No estado endurecido também foi constatada a influência do aditivo MOFI em função dos resultados obtidos na resistência a compressão simples. A figura 4(a) nos apresenta os valores obtidos nas idades de 1, 3, 7 e 28 dias. Já na figura 4(b) é apresentado o desempenho das misturas estudadas onde o traço de referência é considerado controle (100% de desempenho) e as outras misturas têm os seus valores relativizados.



(a)



(b)

Figura 4 – Resistência a compressão simples (b) Comparativo de desempenho entre os diferentes traços

Percebe-se que o aditivo MOFI exerce influência na resistência do microconcreto, sobretudo quando substituído integralmente pela água de amassamento.

Quando analisada a substituição de 40% da água de amassamento pelo aditivo MOFI, verifica-se que a alteração nos resultados é pequena, em relação a resistência. Nas primeiras idades há ligeira perda (-5% aos 3 dias) e aos 28 dias a resistência é aumentada discretamente (+3% aos 28 dias) **Erro! Fonte de referência não encontrada.**4(b). No entanto, quando a mistura estudada é a MOFI 100%, o gráfico de desempenho, **Erro! Fonte de referência não encontrada.**4(b), mostra que houve ganho de resistência, em relação ao traço de controle de maneira expressiva. Há aumento na resistência a compressão em todas as idades. O ganho é de cerca de 20%, com exceção de 3 dias quando o ganho foi de 10%.

Nos estudos apresentados por HAZARIKA *et al.* (2017), o uso de solução aquosa biopolimérica com presença de pectina e íons de Ca^{+} como aditivo de baixo custo para materiais cimentícios promoveu ganhos na resistência mecânica e também na durabilidade de argamassas e concretos. Além de gerar alterações na viscosidade. Os autores da pesquisa relatam que as alterações ocorreram, em parte, pela composição da solução utilizada o que provocou alterações na hidratação dos materiais. Sabe-se que a MOFI também possui pectina em sua composição. A quantificação de pectinas em amostras de MOFI chegou a 13% (LEFSIH *et al.*, 2017). Portanto, o ganho de resistência observado pode ser atribuído a presença de pectinas no aditivo MOFI.

Contudo, GARCÍA (2007) verificou que a adição de biopolímeros em pastas de cimento ocasionava apenas efeitos físicos devido a redução do calor de hidratação, em suma, a redução da porosidade.

A redução da porosidade é citada com frequência nos trabalhos que usam a mucilagem como aditivo. Em seus trabalhos, S. CHANDRA, L. EKLUND, (1998) expõem que a redução da permeabilidade, certamente, é ocasionada pelo aumento da hidratação em virtude do comportamento como polímero superabsorvente. Esse mecanismo é observado sobretudo quando há baixa relação água cimento. HERNÁNDEZ; CANO-BARRITA; TORRES-ACOSTA, (2016) Acrescentam que as alterações na viscosidade da solução de poro devem ser também consideradas para explicar as alterações nas propriedades mecânicas.

4 Conclusões

Os estudos realizados no presente artigo demonstram a influência do aditivo MOFI com concentração de 0.4% na reologia do microconcreto e na resistência a compressão. Utilizando diferente métodos para avaliação da consistência no estado fresco observou-se que a incorporação do aditivo levou ao aumento da tensão de escoamento, indicando o aumento na coesão entre as partículas do microconcreto. No estado endurecido verificou-se o incremento da resistência a compressão.

Os resultados da consistência determinados pelos métodos do índice de consistência (Mesa de consistência - espalhamento), consistência pelo método de penetração de cone e Vane ANAIS DO 60º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2018 – 60CBC2018



test apresentam coerência e indicam que o aditivo tem potencial para ser usado também como modificador de viscosidade. A incorporação do produto indica que há uma relação direta entre o aumento da incorporação do produto e os efeitos na consistência. Quando substituído 40% da água de amassamento a redução do espalhamento foi de 6% e quando substituída integralmente, o produto ocasionou a redução de 11% na medida do espalhamento. A mesma tendência foi observada nos ensaios de Penetração de cone e Vane test, o aumento do uso do produto ocasionou maior medição da tensão de escoamento.

Com relação a resistência a compressão nos microconcretos estudados, a substituição de 40% da água de amassamento não apresentou diferenças relevantes, os valores de resistência são próximos a mistura de referência. Aos 28 dias o ganho de resistência da mistura MOFI 40% foi de apenas 5%. Contudo, quando substituído integralmente todo o volume da água de amassamento pelo aditivo MOFI o incremento foi de 23% aos 28 dias, em relação a referência. A mistura MOFI 100% teve ganho em todas as idades quando comparada com a mistura de controle.

Os mecanismos de ação do aditivo não foram explorados neste trabalho. Contudo, trabalhos semelhantes esclarecem que os efeitos gerados pelo aditivo MOFI podem ser químicos ou físicos. As alterações químicas ocorrem em virtude da mucilagem quando incorporada aos materiais cimentícios agir como um polímero superabsorvente otimizando a hidratação. Os efeitos físicos são esperados por haver diminuição do calor de hidratação e conseqüente redução da porosidade e pela modificação da viscosidade da solução de poro.

Por ser um produto de custo altamente reduzido e de fácil produção, o aditivo MOFI traz a perspectiva de uso em larga escala especialmente em situações de interesse social. O produto pode também ser estudado com vista em ser incluído na cadeia produtiva da Palma forrageira, sendo talvez uma possibilidade de trazer benefícios socioeconômicos, como por exemplo, para o semiárido brasileiro.

5 Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. *NBR 10908 : 2008 : Aditivos para argamassa e concreto - Ensaios de uniformidade* . Rio de Janeiro: [s.n.] , 2008

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. *NBR 7215:1997 : Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão* . Rio de Janeiro: [s.n.] , 1997

ABRAJÁN, Myrna. **Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (*Opuntia ficus-indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible**. Universidad Politécnica de Valencia, 2008. 244 p. 8466920536.

ASTM C780. Standard Test Method for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry. **Annual Book of ASTM Standards** v. 04, n. June, p. 1–18 , 2012.



Anais do
60º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2018
Setembro / 2018



@ 2018 - IBRACON - ISSN 2175-8182

BAUER, Elton *et al.* Study of the laboratory Vane test on mortars. **Building and Environment** v. 42, n. 1, p. 86–92 , 2007.0360-1323.

CASTILLO, R. I. **Evaluación del mucílago de Nopal como reductor de retracción en concreto auto-consolidable**. Universidad autónoma de nuevo león, 2012. 171 p.

CONTRERAS-PADILLA, Margarita *et al.* Physicochemical and rheological characterization of Opuntia ficus mucilage at three different maturity stages of cladode. **European Polymer Journal** v. 78, p. 226–234 , 2016.

E. SEPULVEDA, C. SAENZ, E. ALIAGA, C. Aceituno. Extraction and characterization of mucilage in Opuntia spp. **Journal of Arid Environments Journal** qualis B1, v. 18, n. 1, p. 201–212 , 2007.6622185530.

ESTELLÉ, Patrice; LANOS, Christophe. High torque vane rheometer for concrete: Principle and validation from rheological measurements. **Applied Rheology** v. 22, n. 1 , 2012.

GARCÍA, MARCELA INÉS. **Adição de biopolímeros em pastas de cimento para utilização em poços de petróleo**. UFPR, 2007.

HAZARIKA, Amrita *et al.* Use of a plant based polymeric material as a low cost chemical admixture in cement mortar and concrete preparations. **Journal of Building Engineering** v. 15, n. July 2017, p. 194–202 , 2017.

HENDRICKX, R.; VAN BALEN, K.; VAN GEMERT, D. Yield Stress Measurement of Mortar Using Geotechnical Techniques. **3rd International RILEM symposium on rheology of cement suspensions such as fresh concrete** n. 1 , 2009.

HERNÁNDEZ, E F; CANO-BARRITA, P. F. de J.; TORRES-ACOSTA, A. A. Influence of cactus mucilage and marine brown algae extract on the compressive strength and durability of concrete. **Materiales de Construcción** v. 66, n. 321, p. e074 , 30 mar. 2016.

LEFSIH, Khalef *et al.* Pectin from Opuntia ficus indica: Optimization of microwave-assisted extraction and preliminary characterization. **Food Chemistry** v. 221, p. 91–99 , 2017.

LEÓN-MARTÍNEZ, F. M. *et al.* Study of nopal mucilage and marine brown algae extract as viscosity-enhancing admixtures for cement based materials. **Construction and Building Materials** v. 53, p. 109–202 , 2014.

MARTINEZ-MOLINA, Wilfrido *et al.* Cement-Based Materials Enhanced Durability from Opuntia Ficus Indica Mucilage Additions. **ACI Materials Journal** v. 112, n. 1, p. 165–172 , fev. 2015.

PRADELLA. José Geraldo da Cruz. **Biopolímeros e Intermediários Químicos - Relatório Técnico nº 84 396-205**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos [S.l: s.n.], 2006.



Anais do
60º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2018
Setembro / 2018



@ 2018 - IBRACON - ISSN 2175-8182

RIBEIRO, Erika Maria de Oliveira *et al.* Study of carbohydrates present in the cladodes of *Opuntia ficus-indica* (fodder palm), according to age and season. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** v. 30, n. 4, p. 933–939 , dez. 2010.0101-2061.

RODRIGUEZ-NAVARRO, Carlos *et al.* Crystallization and colloidal stabilization of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in the presence of nopal juice (*Opuntia ficus indica*): Implications in architectural heritage conservation. **Langmuir** p. acs.langmuir.7b02423 , 2017.1520-5827 (Electronic)0743-7463 (Linking).

S. CHANDRA, L. EKLUND, R.R. Villarreal. Use of cactus in mortars and concrete. **Cement and Concrete Research** v. 28, n. 1, p. 41–51 , 1998.

SÁENZ, Carmen *et al.* **Agro-industrial utilization of cactus pear**. Rome.: FAO, 2013. 168 p. .9789251079874.

VENTOL, L. *et al.* Traditional organic additives improve lime mortars: New old materials for restoration and building natural stone fabrics. **Construction and Building Materials** v. 25, n. 8, p. 3313–3318 , 2011.