

POTENCIAL DE APLICAÇÃO DE EFLUENTE ORIUNDO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

Jardel Hugo Gonçalves Paiva¹; José Allysson da Silva²; Lucas Damião Evangelista Pereira de Freitas²; Mayra Ferreira Lima Lucas²; Fábio Pereira Fagundes²

(1) *Universidade Federal Rural do Semi-árido*

(2) *Universidade Potiguar*

E-mail para contato: jardelpaiva17@gmail.com

Resumo: Com o intuito de minimizar os danos causados pela geração de rejeitos industriais ao meio ambiente, a construção civil representa um segmento do mercado extremamente promissor para uso de tecnologias alternativas. Em paralelo, com a demanda crescente por biocombustíveis, especificamente, o biodiesel, passivos ambientais aparecem como um dos principais problemas, devido, a alta geração resíduos oriundos do processo. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho consiste em avaliar o potencial de aplicação do efluente oriundo da produção de biodiesel de soja no concreto. Onde através de uma modelagem fatorial será possível mapear o efeito sinérgico que as variáveis fator A/C e concentração de efluente (%) exercem na resistência a compressão (Mpa). Diferentes corpos de prova foram moldados e submetidos ao ensaio de resistência à compressão. Um planejamento experimental de 3² foi adotado para mapear os efeitos. De acordo com os resultados obtidos, foi verificado que a incorporação de efluente derivado da produção de biodiesel em concentrações acima de 50% e em associação com o fator água/cimento 0,5 apresentaram um mais alto índice de resistência a compressão após os 28 dias (22 MPa). As relações entre o fator água cimento e o aumento do percentual de efluente indicaram o aumento de trabalhabilidade no concreto. Esses resultados sugerem que o efluente representa um potencial promissor para novas alternativas para incorporação no concreto.

Palavras-chave: Resistência a compressão, concreto, biodiesel, rejeito industrial.

1. INTRODUÇÃO

Em virtude da demanda crescente por energia e de uma maior consciência dos aspectos ambientais, os pesquisadores têm visado a busca de combustíveis alternativos originários de biomassa que possam substituir os derivados do petróleo (MUNIYAPPA et al., 1996).

A utilização de biocombustível vem apresentando um potencial promissor no mundo inteiro, sendo um mercado que cresce aceleradamente devido a sua enorme contribuição ao meio ambiente, com a redução qualitativa e quantitativa dos níveis de poluição ambiental e como fonte estratégica de energia renovável em substituição ao óleo diesel e outros derivados do petróleo (FERRARI et al., 2005; KNOTHE et al., 2003; FANGRUI & HANNA, 1999). No entanto, alguns problemas vêm sendo observados, principalmente, devido à

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

www.conepetro.com.br

geração de resíduos industriais derivados do processo de purificação desse biocombustível.

Com o intuito de minimizar os danos causados pela geração de rejeitos industriais ao meio ambiente, a construção civil representa um segmento promissor para uso de tecnologias alternativas. No entanto, torna-se imprescindível entender os mecanismos que governam as propriedades mecânicas de concretos e argamassas. Diversos fatores que influenciam essas propriedades: granulometria do agregado, tipo do aditivo, reações químicas inerentes ao processo, temperatura e o tipo de material a ser inserido parcialmente ou totalmente.

Com o intuito de elevar a resistência final do concreto em presença de rejeitos industriais, esse trabalho visa avaliar o potencial de inserção desse efluente no concreto, tendo em vista, a presença de tensoativos inerentes às cadeias de ácidos graxos, os quais possivelmente, poderão melhorar a trabalhabilidade e o aumento de resistência à compressão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

O efluente foi obtido via alcoolize alcalina utilizando óleo de soja e álcool metílico P.A.

O aglomerante utilizado foi o Cimento Portland Composto (CP II Z-32 RS) com até 5% em massa de material carbonático.

O agregado graúdo foi a brita 1 granítica e o agregado miúdo foi a areia grossa, com módulo de finura 3,42, ambos caracterizados segundo a NBR 7211:2005 – Agregados para concreto. Para cada traço confeccionado foi realizado o Speedy Test.

2.2 Metodologia

2.2.1 Obtenção do efluente oriundo da produção de biodiesel de soja

A reação de transesterificação foi realizada em um sistema reacional, composto cada um, por um balão de três bocas de fundo chato, termômetro, condensador de refluxo com válvulas de entrada e saída de ar e um banho de óleo. Sendo 40 gramas de óleo de soja adicionado ao balão de fundo chato e mantido à temperatura de análise sob agitação constante de 300 rpm, a partir de então, foi adicionado ao meio reacional uma solução contendo álcool metílico P.A./catalisador (KOH), estabelecendo o tempo zero de reação (Tempo reacional – 1 hora). A fase éster foi submetida a 10 lavagens (400 mL) com água destilada a 90 °C com o intuito de ajudar na quebra da emulsão e na

neutralização de possíveis traços do álcalis. A eficiência da lavagem foi indicada, qualitativamente, através da determinação do grau de alcalinidade da água do produto de lavagem (pH) e por intermédio da cromatografia em camada delgada.

2.2.2 Caracterização físico-química do efluente

Após o processo de purificação do biodiesel, o efluente foi submetido às caracterizações físico-químicas, seguindo as devidas normatizações inerentes a sua caracterização físico-química.

2.2.3 Distribuição do tamanho de partícula do agregado miúdo

A distribuição relativa do tamanho das partículas dos grãos oriundos da areia foi realizada através do peneiramento à seco. As amostras foram submetidas à vibração, em um conjunto de peneiras de abertura previamente escolhidas em função do material, durante certo tempo (aproximadamente 2 minutos) e empregando, para essa finalidade, um agitador mecânico com vibração controlada.

2.2.4 Resistência mecânica à compressão uniaxial

Os corpos de prova cilíndricos - dimensões 10 x 20 cm – foram moldados e submetidos ao ensaio de resistência à compressão axial ao 14º e 28º dia após a moldagem, sendo retirados da cura em imersão um dia antes da realização do ensaio para retificação das faces. Os ensaios de resistência à compressão axial foram conduzidos conforme especificações técnicas da NBR 5739:2007 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

2.2.5 Otimização por modelagem fatorial

Superfícies de respostas foram utilizadas para examinar as relações entre uma ou mais variáveis e um conjunto quantitativo de fatores experimentais. Esses métodos estatísticos foram empregados após a triagem dos fatores importantes, que geralmente é realizada previamente por um planejamento fatorial. Em seguida, foi preciso encontrar os níveis de fatores que aperfeiçoem a resposta. Dessa forma, para estudar as interações entre as variáveis, responsáveis por influenciar a resistência mecânica à compressão dos corpos de prova, foi adotado um planejamento experimental levando em consideração o fator água cimento e o percentual de substituição da água pelo efluente da produção de biodiesel. Os níveis dos fatores foram codificados como -1 (baixo), 0 (ponto central) e +1 (alto), utilizando um planejamento fatorial 3^2 para avaliar o efeito da incorporação do efluente na resistência à compressão, totalizando 12 experimentos para a respectiva data de rompimento (28 dias). Em paralelo, para efeito comparativo, foram

confeccionados corpos de prova de referência sem a presença de efluente, de forma a avaliar a influência de sua concentração na resistência a compressão.

Para tratamento dos dados, foi utilizado o programa estatístico - Statistica Software versão 7.0, a fim de obter os efeitos e as superfícies de resposta. Após a realização de uma triagem dos fatores com o planejamento fatorial, foi realizada uma análise da superfície de resposta, empregando planejamento composto central, para se obter o máximo percentual de efluente de biodiesel a ser utilizado no concreto. A tabela 1 mostra a matriz da modelagem fatorial para incorporação do efluente de biodiesel utilizando o software Statistica 7.0.

Tabela 1: Matriz da modelagem fatorial para a incorporação do efluente da produção de biodiesel no concreto

EXPERIMENTOS	% EFLUENTE	FATOR A/C
1	(25%)	(0.5)
2	(25%)	(0.6)
3	(25%)	(0.7)
4	(50%)	(0.5)
5	(50%)	(0.6)
6	(50%)	(0.7)
7	(75%)	(0.5)
8	(75%)	(0.6)
9	(75%)	(0.7)
10	(100%)	(0.5)
11	(100%)	(0.6)
12	(100%)	(0.7)

Fonte: Autor

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização físico-química do efluente

Inicialmente, após o processo de produção do biodiesel, a fase éster foi submetida a lavagens com água industrial para remoção de traços de ácidos graxos, sabão e biodiesel não reagido. O efluente obtido foi caracterizado através dos parâmetros de pH, salinidade, turbidez, viscosidade e condutividade elétrica.

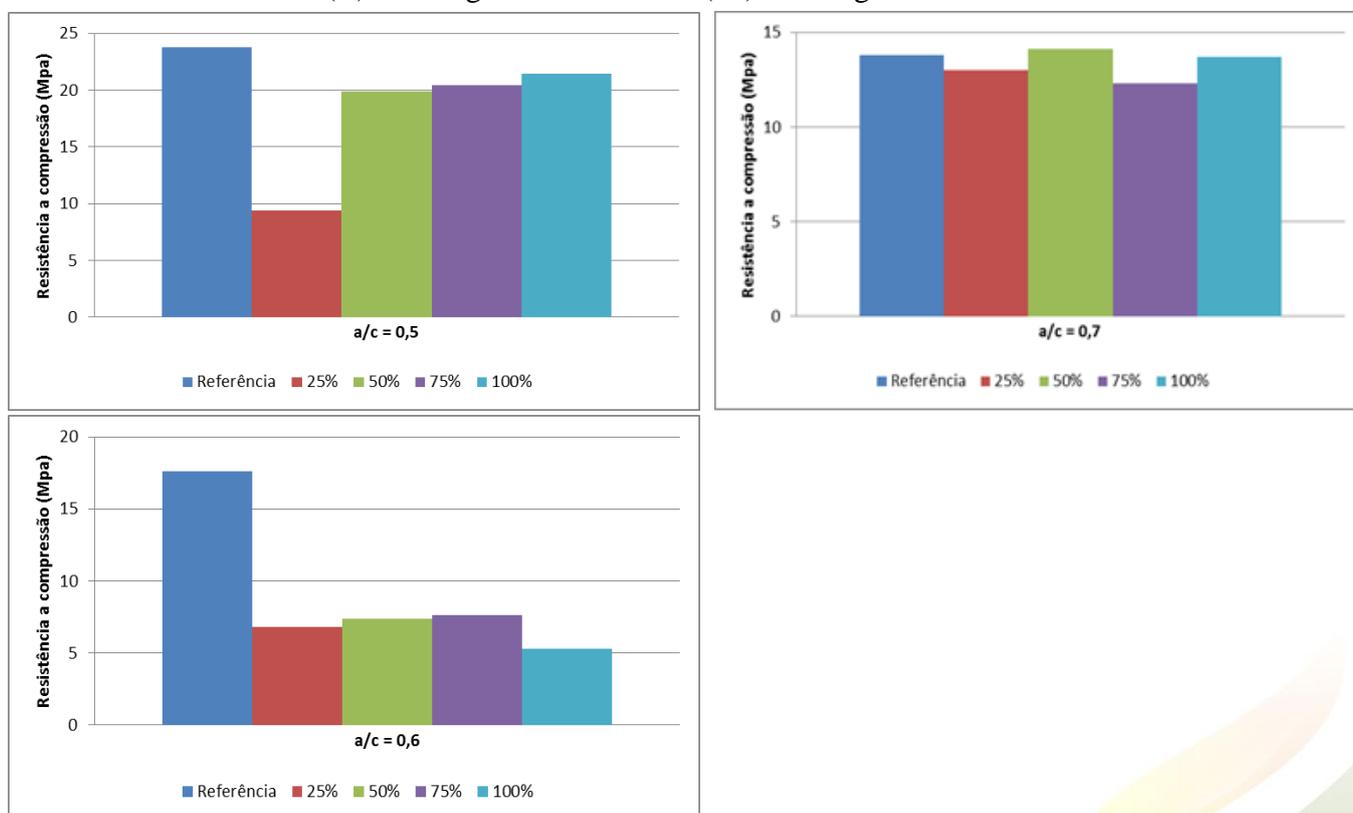
O sistema apresentou um pH alcalino, resultado da presença do excesso do hidróxido de potássio e da formação de sabão devido ao alto índice de saponificação dos óleos vegetais, especificamente, o óleo de soja. Além disso, ficou claro que após 10 lavagens, a turbidez do sistema ficou próxima da turbidez da água, fato esse que comprova a não formação de sedimentos durante esse processo e assim, a possibilidade de sua inserção em estruturas de concreto.

3.2 Influência da concentração do efluente nas propriedades mecânicas do concreto

O cimento Portland quando entra em contato com a água, demonstra uma grande tendência à floculação. Existe uma quantidade de água que fica aprisionada nos interstícios dos grãos de cimento, o que reduz a disponibilidade de água e lubrificação do sistema como um todo (Mehta, 1992). Os fenômenos descritos são responsáveis por reduzir a área específica dos grãos de cimento disponíveis para as reações de hidratação.

A água representa um dos principais fatores responsáveis pela durabilidade do concreto. Nos sólidos com presença de porosidade, a água é a causa de muitos tipos de processos físicos da degradação, onde fenômenos físico-químicos associados à condução de água em sólidos porosos são contidos pela permeabilidade do sólido (Fialho, 2012). Em contrapartida, a presença de ácidos graxos oriundo do óleo vegetal será responsável por diminuir a tensão superficial do sistema e consequentemente afetar as propriedades mecânicas do concreto. A Figura 1 mostra a resistência à compressão dos corpos de prova em função da concentração do efluente para cada fator água/cimento estudado.

Figura 1: Resistência à compressão aos 28 dias dos corpos de prova em função da concentração do efluente para cada fator água/cimento estudado. (I) Fator água/cimento 0.5
(II) Fator água/cimento 0.6 e (III) Fator água/cimento 0.7



Fonte: Autor

De acordo com os dados apresentados nos sistemas é evidenciada a possibilidade de incorporação do efluente do concreto em concentrações a partir de 50%, tendo em vista os valores alcançados no sistema de fator A/C 0.7 e concentração de 100% de efluente (substituição total da água industrial). Possivelmente, a presença de traços de tensoativos no sistema são responsáveis por aderir a superfície do cimento e a reduzir os espaços vazios do concreto, o que poderá promover um aumento na resistência à compressão. Por outro lado, a presença de sais nesse efluente é responsável por diminuir a resistência de compressão axial. De acordo com Luz (1999), a resistência à compressão para concretos com adições de cloreto de sódio (NaCl) em diferentes porcentagens diminui com o aumento de sua concentração; uma possível explicação para este comportamento deve-se à interferência na cristalização dos produtos de hidratação. Dessa forma, torna-se imprescindível caracterizar o efluente gerado em função de quantificar os tensoativos oriundos de ácidos graxos e a quantidade de cloretos no meio, fatores esses, responsáveis por afetar diretamente o calor de hidratação do concreto.

3.3 Mapeamento por Superfície de Resposta

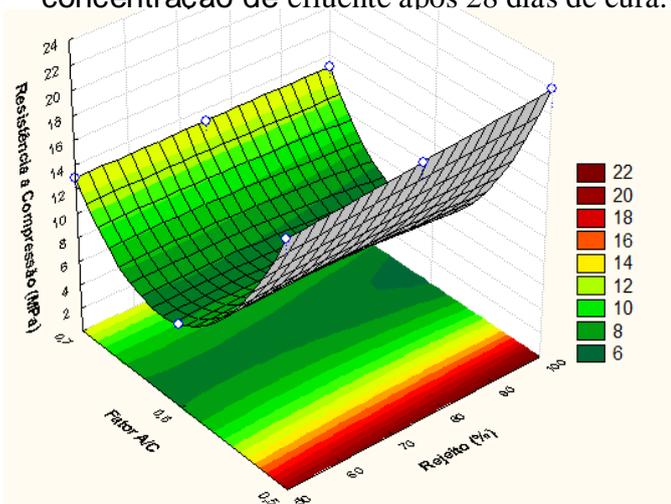
Com o objetivo de avaliar o mapeamento das interações das variáveis estudadas: fator água/cimento versus concentração de efluente (%) em função da resposta de resistência à compressão (MPa), foi utilizada a metodologia de superfície de resposta (Software Statistica) com o objetivo de avaliar as variáveis que mais influenciam a resistência à compressão dos corpos de prova como pode ser visto na figura 2.

Um modelo de regressão polinomial de baixa ordem (segunda ordem) foi obtido, em que a relação entre a(s) variável(eis) x_i e a resposta y pôde ser escrita como:

$$Z = 433.00 - 2,66x + 0.028x^2 - 405,00y + 1150.00y^2 + 9.40.xy - 8.00.xy^2 - 0.096x^2y + 0.08x^2y^2$$

Onde: Z representa a resistência à compressão (MPa) e as variáveis x e y o fator A/C e a concentração de rejeito.

Figura 2: Mapeamento por superfície de resposta da interação fator A/C e concentração de efluente após 28 dias de cura.



Fonte: Autor.

De acordo com os dados obtidos pelas equações polinomiais do segundo grau inerentes à cada sistema, fica evidenciado que existe um ponto ótimo entre o fator A/C e concentração de efluente (região vermelha) para obtenção de uma maior resistência a compressão dentro do intervalo das variáveis estudadas. Claramente, pode ser visualizado na figura 10, que todas as concentrações de efluente (50, 75 e 100%), associada a um fator A/C de 0,5, foi responsável por promover um aumento nos valores de resistência a compressão (MPa) – 22 MPa. Esse resultado sugere o real potencial de substituição desse efluente oriundo de biorefinarias de biodiesel para incorporação no concreto não estrutural tendo em vista a obtenção de valores apresentados pela norma. A dependência do fator água/cimento com a concentração do efluente sugere que a composição dos tensoativos.

4. CONCLUSÕES

A incorporação do efluente oriundo da produção de biodiesel em concentrações acima de 50% e em associação com o fator A/C 0.5 apresentaram os maiores índices de resistência à compressão após 28 dias (22 Mpa).

O efluente representa um potencial promissor frente às novas alternativas para incorporação no concreto, no entanto, será de extrema importância controlar as propriedades físico-químicas dos sistemas.

A relação entre o fator água/cimento e o aumento do percentual do efluente, indicaram um aumento na trabalhabilidade do concreto.

A presença de traços de tensoativos no sistema foram responsáveis por aderir a superfície do cimento e a reduzir os espaços vazios do concreto, o que poderá promover um aumento na resistência à compressão. Por outro lado, a presença de sais nesse efluente é responsável por diminuir a resistência de compressão axial.

Considerando o valor mínimo, observa-se que a maioria das formulações de concreto não estrutural ultrapassam o limite mínimo de resistência requerido pela norma, o que definitivamente representa uma alternativa em potencial para a aplicação desse efluente na construção.

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

www.conepetro.com.br

5. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro. p. 1-4. 2007
- FERRARI, A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel from soybean: characterization and consumption in energy generator. *Química Nova*, v. 28, p. 19-23, 2005.
- FIALHO, Poline Fernandes. Cascalho de perfuração de poços de petróleo e gás: estudo do potencial de aplicação em concreto. 2012. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.
- KNOTHE, G. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Processing Technology*, v. 86, p. 1059-1070, 2005.
- LUZ, D. C. S. Estudo eletroquímico da corrosão de aço com e sem proteção de níquel imerso em concreto. 1999. 114 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1999
- MEHTA, P. K. Rice husk ash - a unique supplementary cementing material. In: *ADVANCES IN CONCRETE TECHNOLOGY*, 1992, Athens. Proceedings. Montreal: CANMET, 1992. p. 407-431
- MUNIYAPPA, P.R.; BRAMMER, S.C.; NOUREDDINI, H. Improved conversion of plant oils and animal fats into biodiesel and co-product, *Bioresource Technology*, v. 56, ed. 1, p. 19-25, 1996