INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DE CIMENTO POR FÍLER BASÁLTICO EM PASTAS

Tema: sustentabilidade, vida útil e meio ambiente.

ALICE HELENA MEINHART[1], DAIANA CRISTINA METZ ARNOLD[2]

[1]Engª. civil, Mestranda em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais, Universidade FEEVALE, alicehmei@gmail.com
[2] Profª. Drª., Universidade FEEVALE, daim@feevale.br

RESUMO

Este artigo avalia consistência normal e tempos de pega em pastas contendo substituição parcial do cimento Portland por fíler basáltico (FB) a partir dos teores 5%, 10%, 15%, 20% e 25% de substituição. A análise estatística mostrou que a alteração da quantidade de água para atingir o nível de consistência normal, estipulada em normativa, não foi significativa para nenhum teor de substituição, indicando que FB não alterou significativamente os tempos de pega das amostras. Por fim, concluiu-se que FB não influenciou as propriedades pela presente pesquisa avaliadas, sendo assim, tem-se boas perspectivas para utilização do FB como substituição parcial do cimento.

Palavras-chave: fíler basáltico; cimento Portland; compatibilização.

INFLUENCE OF CEMENT REPLACEMENT BY BASALTIC FILLER ON PASTE

ABSTRACT

This article evaluates normal consistency and setting times in pastes containing partial replacement of Portland cement by basaltic filler (FB) from 5%, 10%, 15%, 20% and 25% replacement levels. Statistical analysis showed that changing the amount of water to reach the normal consistency level, stipulated in regulations, was not significant for any substitution content, indicating that FB did not significantly change the setting times of the samples. Finally, it was concluded that FB did not influence the properties assessed by the present research, with that, there are good perspectives for the use of the material with partial replacement of the cement.

Key-words: basaltic filler; Portland cement; compatibility.

1. INTRODUÇÃO

O processo de fabricação do cimento Portland acarreta efeitos danosos ao meio ambiente, pois utiliza-se matéria-prima não renovável extraída de jazidas naturais para produção do mesmo, além de gerar gases causadores do efeito estufa, principalmente o CO_2 (dióxido de carbono) oriundo da incineração do material calcário [1,2,3,4,5,6]. Alguns autores afirmam que a produção de 1 tonelada de clínquer, material cujo cimento Portland é predominantemente composto, ocasiona a emissão de aproximadamente 1 tonelada de CO_2 na atmosfera [2,7,8,9,10].

Além do cimento Portland, a produção de agregado basáltico também acarreta danos ambientais devido a produção de resíduos, tais como o subproduto da britagem de rocha basáltica cujas partículas são emitidas na forma de poeira através da trituração do material ou da separação dos sólidos resultantes do processo de peneiramento [11,12]. Este material fino, denominado fíler, é um material residual sobre o qual há pouco interesse comercial imediato, constituindo impacto ambiental adverso para as indústrias mineradoras pois necessita jazida de descarte [11]. Quanto a representatividade, o teor de fíler gerado a partir do processo de britagem varia de 10% a 20% [13].

A partir do exposto, a substituição parcial do cimento por FB pode ser uma alternativa eficaz para amenizar os impactos ambientais ocasionados por sua produção e disposição [5]. Visto isso, é preciso verificar o comportamento do resíduo junto ao cimento quanto ao enrijecimento das pastas, verificando possíveis variações no processo de enrijecimento. Laibao *et al*. (2013) [14], cujos resultados estão dispostos na Tabela 1, verificaram o processo de pega. Os autores não informaram se analisaram os dados de forma estatística.

Tabela 1 - Tempos de pega de pastas contendo FB como substituição parcial do cimento

% substituição	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Início de pega (min)	85	90	95	115	110	105	110
Fim de pega (min)	130	135	145	150	155	145	150

Fonte: adaptado de Laibao *et al.* (2013)

Conforme a Tabela 1, de forma geral, as pastas que contêm FB apresentaram tempos de início e fim de pega prolongados quando comparados a pasta sem FB (0%), possivelmente devido à redução gradual de C_3S, responsável por conferir resistência à pasta em idade precoce, devido a retirada de porcentagem em massa do cimento na mistura [14]. Os autores afirmam que pastas com FB elevam os tempos de pega. El-Didamony *et al.* (2015) [15] concordam e explicam que os tempos de pega de pastas contendo FB aumentam devido as propriedades hidráulicas limitadas que FB possui quando comparado ao cimento. Com o basalto não há um processo de enrijecimento semelhante ao cimento: à medida que o teor de cimento diminui, os tempos de pega elevam-se, ocorrendo a diluição do cimento com FB [16].

Diante desse contexto, o presente artigo objetiva avaliar consistência normal e tempos de pega em pastas contendo substituição parcial do cimento Portland por fíler basáltico (FB) nos teores de 5%, 10%, 15%, 20% e 25%. Esta pesquisa justifica-se, pois, avalia fontes alternativas ao cimento convencional, ou seja, como as substituições se comportam frente a consistência e tempos de pega das pastas, focando na redução do consumo de clínquer e reaproveitamento de um resíduo proveniente da indústria da construção civil. Também contribui na formação de banco de dados para comparação entre diferentes substituições minerais. O trabalho corrobora com o trabalho

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

Para o programa experimental foram utilizados cimento Portland CP II-F-32, FB e água potável. Quanto ao FB, este foi obtido através de britador do tipo mandíbula, proveniente de jazida situada na região do Vale dos Sinos, no Rio Grande do Sul, disponibilizado como pó de pedra basáltica. Este pó foi seco em estufa por 24h (±) 100°C, segregado em agitador mecânico de peneiras e selecionado apenas o material passante na peneira de abertura 75 µm. O material selecionado, então, passou por moagem em moinho de bolas e peneiramento manual na peneira de abertura de malha 45 µm. Após, foi seco em estufa novamente por 24h (±) 100°C e arrefeceu em dessecador. Assim foi finalizando o processo de beneficiamento, estando o FB pronto para ser utilizado. O FB possui massa específica de 2,93 g/cm³, próximo aos 2,99 g/cm³ do CP II-F-32 utilizado no programa experimental.

Após, determinou-se a consistência normal das pastas [17], com umidade relativa do ar superior a 50% e temperatura ambiente média de 23°C. Esse procedimento foi realizado para cada pasta preparada, a partir dos teores de substituição previamente estabelecidos, em massa, como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Dosagem das pastas produzidas

Material	Pasta sem FB	Pastas contendo FB				
		5%	10%	15%	20%	25%
FB (gramas)	-	25 ± 0,5	50 ± 0,5	75 ± 0,5	100 ± 0,5	125 ± 0,5
CP II-F-32 (gramas)	500 ± 0,5	475 ± 0,5	450 ± 0,5	425 ± 0,5	400 ± 0,5	375 ± 0,5

Fonte: autores (2023)

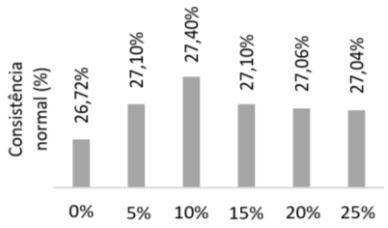
A partir das pastas produzidas, seguiu-se o ensaio para determinação dos tempos de pega [18]. O início de pega marca o ponto em que a pasta começa a se solidificar, tornando-se não trabalhável. A pasta não se solidifica de forma abrupta, é necessário tempo considerável para se tornar completamente rígida. Este tempo em que a solidificação se dá por completa é denominado fim da pega [8].

3. RESULTADOS

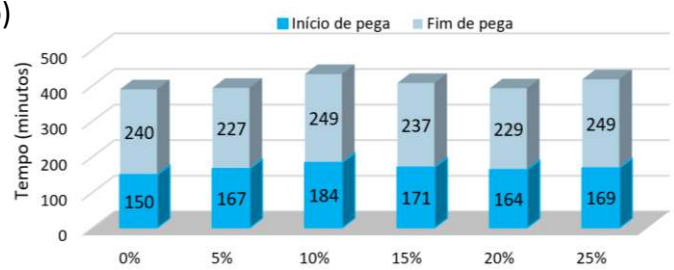
Ao verificar a compatibilidade do FB com o cimento Portland utilizado, percebe-se que houve aumento da água necessária para consistência normal nas pastas contendo teores de FB (Figura 1 (a)), assim como relatado por Laibao *et al.* (2013) [14] e Saraya (2014) [19].

Figura 1 – (a) quantidade de água necessária à obtenção da consistência normal avaliação conforme teores de substituição (b) tempos de pega das pastas produzidas

(a)



(b)



Fonte: autores (2023)

A partir dos resultados expostos na Figura 1 (a) juntamente aos dados da Tabela 2, realizou-se análise estatística com Correlação de Pearson entre teor de água, em porcentagem, e massa de FB, em gramas, das pastas. O coeficiente de correlação de Pearson entre a massa FB e o teor de água foi igual a 0,291, indicando que existe correlação fraca positiva entre as variáveis. Foram realizados testes nos quais a hipótese nula é de que o coeficiente de correlação da população é igual a zero. Como o valor da significância foi igual a 0,575, aceita-se a hipótese nula, ou seja, pode-se dizer que não existe correlação significativa entre as duas variáveis teste, sendo considerado intervalo de confiança da diferença de 95%. Visto isso, por mais que haja aumento relativo do teor de água conforme aumenta-se o teor de FB na mistura, como apresenta a Figura 1 (a), esses valores não são significativamente diferentes, em resumo, não se pode afirmar que a substituição parcial influenciou nem de forma negativa nem positiva a trabalhabilidade da pasta.

Laibao *et al.* (2013) [14] afirmam que a substituição parcial influenciou de forma negativa a trabalhabilidade da pasta fresca, pois as partículas de FB são rugosas e pontiagudas, criando maior resistência à reologia da mistura e demandando maior volume de água devido ao aumento da área superficial, o que também pode-se especular sobre os resultados dispostos na Figura 1 (a). Laibao *et al.* (2013) [14] obtiveram para os teores de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25% a quantidade de água de 25,21%, 25,35%, 25,38%, 25,86%, 25,88% e 25,54%, respectivamente. Saraya (2014) [19] expôs que a substituição de 20% FB, quando em comparação com a pasta que contém somente cimento, utiliza 10% mais água. Ambos os autores não relataram se realizaram análises estatísticas em seus estudos.

Adicionalmente, ainda avaliando a compatibilidade do FB com cimento Portland, a Figura 1(b) apresenta os tempos de pega encontrados nesta pesquisa. Com base na análise estatística, o coeficiente de correlação de Pearson entre a massa de FB (Tabela 2) e o início de pega (Figura 1(b)) foi de 0,355, indicando que existe correlação fraca positiva entre as duas variáveis em questão, sendo o valor da significância igual a 0,490, sendo considerado intervalo de confiança da diferença de 95%, assim pode-se afirmar que não existe correlação significativa entre a massa de FB (Tabela 2), em todos os teores analisados, e o início de pega.

Quanto a análise do tempo de fim de pega, o coeficiente de correlação de Pearson entre a massa de FB em substituição nas pastas e o tempo de fim de pega foi de 0,220, indicando uma correlação fraca positiva entre as variáveis. Como o valor da significância foi igual a 0,675, pode-se afirmar que não existe correlação significativa entre a massa de FB, já indicada na Tabela 2, e o fim de pega (Figura 1(b)). Por suposto, comparando as diferentes quantidades de massa de FB em substituição ao cimento Portland nas pastas com os resultados obtidos de início e fim de pega resultaram em correlações fracas sendo, portanto, consideradas indiferentes a pasta de referência, sem FB. Em suma, a incorporação de FB não alterou significativamente os tempos de início e fim de pega das pastas produzidas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que o FB não modificou de forma significativa o comportamento das pastas que o continham, quando avaliada consistência normal e tempos de pega, sendo assim, a utilização deste é benéfica ao meio ambiente através da substituição parcial, reduzindo a quantidade de cimento utilizada nas pastas e, consequentemente, a emissão de gases causadores do efeito estufa provenientes da produção do cimento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MEHTA, P. K. Greening of the concrete industry for sustainable development. **Concrete international**, v. 24, n. 7, p. 23-28, 2002.

2. UZAL, B.; TURANLI, L.; MEHTA, P. K. High-volume natural pozzolan concrete for structural applications. **ACI Materials Journal**, v. 104, n. 5, p. 535, 2007.

3. WANSOM, S.; JANJATURAPHAN, S.; SINTHUPINYO, S. Pozzolanic Activity of Rice Husk Ash: Comparison of Various Electrical Methods. **Journal of Metals, Materials and Minerals**, v. 19, n. 2, 2009.

4. MALHOTRA, V. M. Global warming, and role of supplementary cementing materials and superplasticisers in reducing greenhouse gas emissions from the manufacturing of portland cement. **International Journal of Structural Engineering**, v. 1, n. 2, 2010.

5. QIAO, H.; NDAHIRWA, D.; LI, Y.; LIANG, J. The Feasibility of Basalt Rock Powder and Superfine Sand as Partial Replacement Materials for Portland Cement and Artificial Sand in Cement Mortar. **Research and Application of Materials Science**, v. 1, n. 1, 2019.

6. ADESINA, A. Recent advances in the concrete industry to reduce its carbon dioxide emissions. **Environmental Challenges**, v. 1, n. 100004, ISSN 2667-0100, 2020.

7. ASHRAF, M.; KHAN, A. N.; ALI, Q.; MIRZA, J.; GOYAL, A.; ANWAR, A. M. Physico-chemical, morphological and thermal analysis for the combined pozzolanic activities of minerals additives. **Construction and Building Materials**, v. 23, n. 6, p. 2207-2213, 2009.

8. MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto. Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2.ed. IBRACON, São Paulo, 2014.

9. CARVALHO, S. Z.; VERNILLI, F.; ALMEIDA, B.; OLIVEIRA, M. D.; SILVA, S. N. Reducing environmental impacts: the use of basic oxygen furnace slag in Portland cement. **Journal of Cleaner Production**, 2017.

10. BINICI, H.; YARDIM, Y.; AKSOGAN, O.; RESATOGLU, R.; DINCER, A.; KARRPUZ, A. Durability properties of concretes made with sand and cement size basalt. **Sustainable Materials and Technologies**, ed. 145, 2019.

11. NUNES, J.M.G.; KAUTZMANN, R. M.; OLIVEIRA, C. Evaluation of the natural fertilizing potential of basalt dust wastes from the mining district of Nova Prata (Brazil). **Journal of Cleaner Production**, 2014.

12. TOPÇU, İ. B.; UĞURLU, A. Effect of the use of mineral filler on the properties of concrete. **Cement and Concrete Research**, v. 33, n. 7, p. 1071-1075, 2003

13. KAZMIERCZAK, C. de S.; ROSA, M.; ARNOLD, D. C. M. Influência da adição de fíler de areia de britagem nas propriedades de argamassas de revestimento. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.16, n. 2, 2016.

14. LAIBAO, L.; YUNSHENG, Z.; WENHUA, Z.; ZHIYONG, L.; LIHUA, Z. Investigating the influence of basalt as mineral admixture on hydration and microstructure formation mechanism of cement. **Construction and Building Materials**, v. 48, p. 434 - 440, 2013.

15. EL-DIDAMONY, H.; HELMY, I. M.; OSMAN, R. M.; HABBOUD, A. M. Basalt as pozzolana and filler in ordinary portland cement. **American Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 8, n. 2, 2015.

16. LAWRENCE, C. D. Physicomechanical and mechanical properties of portland cements. In: Hewlett, P. C. **Lea's Chemistry of cement and concrete**, fourth ed. Elsevier, Oxford, p. 343-419, 1998.

17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16606**: Cimento Portland — Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 2018.

18. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 16607**: Cimento Portland — Determinação dos tempos de pega. Rio de Janeiro, 2018.

19. SARAYA, M. El-S. I. Study physico-chemical properties of blended cements containing fixed amount of silica fume, blast furnace slag, basalt and limestone, a comparative study. **Construction and Building Materials**, v. 72, 2014.