

O PAPEL DO FILER CALCÁRIO NA PRODUÇÃO DO CONCRETO

Do ponto de vista global, aconteceu um grande incremento na pesquisa e desenvolvimento em relação ao desempenho técnico do concreto, em especial, no que diz respeito à otimização da constituição da fase aglutinante. A evolução destas pesquisas, levou a uma otimização dos retornos econômicos e ambientais advindos da produção e consumo do concreto. Como recomendação geral tanto do ponto de vista econômico como ambiental, tem-se a incorporação de adições minerais no cimento Portland, como benéficas, haja vista que elas são subprodutos de outros processos industriais. Do ponto de vista de disponibilidade as adições minerais mais comuns são a cinza volante, a escória de alto forno e a sílica ativa. As adições minerais densificam a microestrutura do concreto colaborando para uma diminuição da penetração de agentes agressivos, sua maior ou menor eficácia está relacionada com a composição química, características físicas e nível de substituição no cimento Portland. Com isso as adições minerais são importantes atores no aumento da durabilidade do concreto.

Além das adições minerais já citadas, o filer calcário se destaca como um material que tem por característica sua incorporação no cimento Portland durante a fase de moagem, podendo ser adicionada, também, a posteriori conforme for o caso. Tendo em vista que as partículas de filer calcário são, via de regra, menores que as do cimento Portland, elas contribuem para uma melhora da reatividade da matriz cimentícia reduzindo os custos de energia, moagem e aumentando a dispersão dos grãos do cimento Portland no produto final.

O filer calcário é a principal adição mineral ao cimento Portland em teores baixos como nos CPs tipos CPI e CPV conforme as normas brasileiras, sendo usado, ainda, em substituição com a escória granulada de alto forno (CPIII), cinza volante (CPIV) ou nos cimentos compostos CPII-F (somente filer calcário), CPII-Z (com cinza volante) e CPII-E (com escória granulada de alto forno), em teores mais elevados. Cada país ou região escolhe o tipo de substituição ao clínquer em função da sua disponibilidade local para evitar custos com o transporte, por serem resíduos ou subprodutos de baixo valor agregado.

O emprego do filer calcário em substituição ao cimento Portland é mais adequado quando se objetiva alcançar menor grau de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), por ser uma adição mineral inerte. Por essa razão, em termos ambientais, o filer calcário é mais utilizado junto com o clínquer nas fábricas de cimento Portland, porque traz uma contribuição na diminuição da emissão total de CO₂. Entretanto, a substituição do cimento Portland por filer calcário, em centrais de concreto, permite maiores alternativas de escolha quanto ao teor, em função das características locais, de equipamentos e materiais disponíveis, com um

investimento relativamente baixo porque, na maioria dos casos, basta a adição de mais um silo de abastecimento na central dosadora.

O relatório do IEA (2009) mostra que a disponibilidade de escória granulada de alto forno e cinza volante, para suprir a produção de cimento Portland em 2050, superior a 5 bilhões de toneladas, representará menos de 20% da previsão da demanda por adições minerais em substituição ao clínquer. O filer calcário tem sido a solução mais utilizada para o equacionamento desse problema por apresentar grande disponibilidade, estando seu uso regulamentado pelas normas internacionais, por ser uma adição mineral inerte que participa muito pouco nas reações de hidratação, não requerendo custos adicionais de energia. O seu efeito adverso é diminuir, proporcionalmente, o teor de ligante e, mesmo que o teor de água permaneça constante, promove um decréscimo na resistência mecânica que, atualmente, é resolvido pelas fábricas com a produção de um cimento Portland com finura mais elevada.

O filer calcário encontra-se sob a forma de: a) calcita, carbonato de cálcio, com moléculas arranjadas com geometria cristalina trigonal-romboédrica, b) dolomita, carbonato de cálcio e magnésio, com sistema predominante de cristais romboédricos; c) aragonita, carbonato de cálcio sob a forma de cristais ortorrômbicos metaestáveis. Os mais utilizados são os dois primeiros, sendo que, para uso como adição mineral, estudos revelam que a calcita apresenta melhor desempenho, seguida da dolomita, nas características reológicas e propriedades mecânicas.

As rochas calcárias são, entre as sedimentares, as mais abundantes na crosta terrestre, ocorrendo com mais frequência entre as latitudes 30°N e 30°S, nas Américas, Europa, Índia, Rússia, Japão, entre outras regiões (WORLDATLAS, 2017). Sendo o filer calcário o material carbonático obtido após moagem da rocha calcária. Segundo Bertolino *et al.* (2012) talvez não haja outras rochas com uma variedade de usos tão ampla quanto o calcário e o dolomito usados para a produção de: a) cimento Portland; b) cal para argamassas; c) produtos para a construção civil à base de fileres; d) concretos adensáveis, com fibras; e) pavimento de asfaltos; f) corretivo de solos, entre outras aplicações. Os maiores produtores mundiais de filer calcário são a China, Índia e os Estados Unidos, com 75% da mineração mundial, a maioria sob a forma de filer calcário (USGS, 2020).

Tendo em vista o exposto, ainda há uma grande disponibilidade para aumentar a incorporação do filer calcário, em moagem conjunta, com o clínquer. Observa-se que existe um grande potencial para a incorporação do filer calcário no cimento Portland porque a média mundial, de apenas 7%, tem potencialidade para aumentar, dos atuais 5%, como nos países em desenvolvimento, para até 35% na União Europeia. As adições minerais ativas como

escória granulada de alto forno, cinza volante, sílica ativa e outras, possuem média de uso no cimento Portland geralmente igual ou inferior à do filer calcário, porque não apresentam a mesma potencialidade de uso geral devido sua produção e disponibilidade mais restritas em alguns países ou regiões.

Existem algumas resistências, por parte do mercado consumidor ou de fabricantes, para aumento do teor de filer calcário em substituição ao cimento Portland, por questões de custos, desconhecimento tecnológico ou até sociocultural. À medida que se aumenta o teor de filer calcário em substituição ao cimento Portland, sem tomar as devidas providências técnicas, os produtos de hidratação decrescem e um cimento do tipo CP40 cai para o tipo CP32. Entretanto, existe a possibilidade, até um dado limite, de aumentar o teor de filer calcário sem perda das propriedades físicas e mecânicas por meio de intermoagem conjunta por maior tempo, aumentando a finura e, assim, compensando a diminuição do aglutinante na mistura.

Também há a possibilidade de realizar a moagem separada do filer calcário, o que pode resultar em partículas mais finas que as do cimento Portland, dependendo do tempo de moagem. Quando a substituição é em igualdade de massa, há um pequeno aumento no volume de pasta devido a maior massa específica do cimento Portland, melhorando o seu comportamento reológico, o que permite reduzir, em parte, o fator a/ag e, por meio do efeito de nucleação, aumentar o teor de hidratação nas idades iniciais (JOHN *et al.*, 2018). Esse comportamento pode acarretar benefícios ou pequena redução de desempenho, para teores de filer calcário que não superem os 20% de substituição do cimento Portland (DE WEERDT, 2007).

De modo geral a literatura cita um nível de substituição entre 10% e 20% de filer calcário em concretos, relatando que neste intervalo há um desempenho técnico adequado, muito semelhante com as características das misturas elaboradas somente com cimento Portland. É relatada uma melhora de eficiência do filer calcário na fase de ligação, devido ao seu tamanho de partícula mais fino, a esta contribuição denomina-se “efeito filer”. Entre os vários benefícios advindos deste efeito pode-se destacar: a redução na demanda de água, minoração da exsudação e, nos concretos endurecidos, o bloqueio dos poros capilares diminuindo a penetração de agentes agressivos (TSIVILIS, 2010).

Outra contribuição do filer calcário ocorre na fase hidratação, tendo em vista que a sua finura, contribui para a aceleração das reações (TAYLOR, 1997). Esta contribuição resulta em uma melhora nos ganhos de resistência em idades precoces, podendo ocorrer o efeito contrário em idades posteriores. As partículas de FC podem, também, atuar como pontos de

nucleação para a formação de C-S-H e participar da reação de hidratação por meio da formação de compostos como os (mono e hemi) carboaluminatos, que contribuem para um aumento na formação da etringita (LOTHBACH, *et al.*, 2008).