HISTÓRIA DA PRODUÇÃO E USO DE ARGILA CALCINADA COMO CONSTITUINTE DO CIMENTO NO BRASIL

Silvia R. S. S. Vieira
Votorantim Cimentos | Curitiba, Paraná | silvia.vieira@vcimentos.com

Resumo

Cimentos com pozolana de argila calcinada têm sido promovidos como uma inovação importante para a descarbonização da indústria do cimento e da construção. No entanto, pozolana de argila calcinada já é usada como constituinte do cimento há décadas. No Brasil, o primeiro uso de pozolana calcinada reportado foi em 1965, como componente do concreto usado na construção da barragem de Jupiá, objetivando prevenir deterioração causada por reações álcali-sílica. Análise do concreto feito com esta pozolana mostrou que ela contribui com o aumento da resistência à compressão do concreto pelo menos até os 360 dias, e nenhum sinal de deterioração por reações expansivas foi detectado mesmo após 25 anos.

Palavras-chave: Argila calcinada; pozolana; reação álcali-sílica; Jupiá.

ABSTRACT

Cements with calcined clay have been promoted as an important innovation for the decarbonization of the cement and construction industries. However calcined clay is already used as cement addition since decades. In Brazil, the first use of calcined clay as pozzolan reported was in 1965, as constituent of the concrete applied for the construction of Jupiá dam to prevent deterioration caused by alkali-silica reaction. The analysis of concrete made with this pozzolan has demonstrated that its compressive strength increases, at least, up to 360 days, and no deterioration due to expansive reactions was detected even after 25 years.

Keywords: Calcined clay; pozzolan; alkali-silica reaction; Jupiá.

1 INTRODUÇÃO

O uso de pozolana de argila calcinada têm atraído muita atenção nos últimos anos como uma alternativa para a redução das emissões de CO_2 relacionadas à produção do cimento. Argilas ocorrem globalmente e a tecnologia para sua calcinação é conhecida. Além disso, cimentos com pozolanas ajudam a aumentar a durabilidade do concreto, o que é uma vantagem particularmente para obras de infraestrutura ou submetidas a processos que podem levar à deterioração.

2 HISTÓRICO

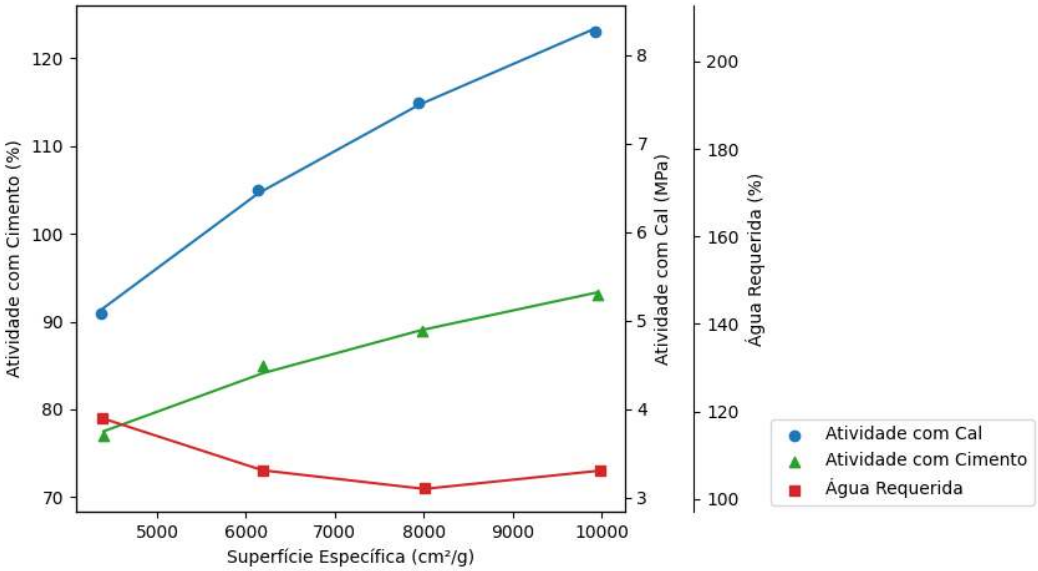
O primeiro uso de argila calcinada no Brasil foi em 1965, pela CESP – Centrais Elétricas de São Paulo, como pozolana para substituir parcialmente o cimento no concreto usado na construção da barragem de Jupiá (MS). O principal objetivo foi prevenir as reações expansivas do tipo álcali-agregado, entre os agregados basálticos e aqueles contendo calcedônia e o cimento (Andriolo, 1975).

Caulinita é abundante na região da barragem e estudos iniciais revelaram que aquelas finas, com menos de 25% de material retido na peneira de malha 270 mesh eram as mais adequadas para calcinação, porque a fração mais grossa era correspondente a quartzo, um mineral difícil de ser ativado em temperaturas relativamente baixas.

A pozolana era produzida no local da obra, em um forno rotativo especialmente construído para calcinação da argila. O forno tinha extensão de 37 metros e diâmetro de 2,5 metros, e capacidade de produção de 240 toneladas por dia. A argila calcinada era então moída e misturada ao clínquer que também era moído na obra, para produzir um cimento com aproximadamente 20% de pozolana (Oliveira *et al.,* 1997).

Estudos feitos pela CESP (Sgarboza *et al.*, 1985) demonstraram que o aumento da finura da pozolana aumentava sua reatividade, mas também aumentava sua demanda de água (Figura 1). Assim, de modo a atingir uma reatividade que assegurasse a inibição da reação álcali-agregado e uma demanda de água aceitável no concreto, decidiu-se que a finura ideal da pozolana seria 9,170g/cm^2.

Figura 1: Influência da finura na reatividade e demanda de água da pozolana produzida em Jupiá



Fonte: Modificado de Sgarboza *et al.* (1985)

As características da argila calcinada produzida em 1973 são mostradas no Quadro 1.

Quadro 1: Características da argila calcinada produzida em Jupiá (Andriolo, 1975)

Parâmetro		
Finura (material retido na peneira #325) (%)		7,1
Finura Blaine (cm^2/g)		9170
Água de consistência normal (%)	100% cimento	22,4
	20% argila calcinada + 80% cimento	26,4
Redução da expansão devido à reação álcali-silica (%)	20% argila calcinada + 80% cimento	100,8
Índice de atividade pozolânica	com cimento aos 28 dias (%)	92,6
	com cal aos 7 dias (MPa)	8,9

Fonte: Modificado de Andriolo *et al.* (1986)

A produção industrial de cimento com pozolana de argila calcinada começou em 1975, na planta da Cimento Itaú de Corumbá (Zampieri, 1993).

Na Votorantim Cimentos, argila calcinada tem sido produzida desde 1999, inicialmente em fornos rotativos de clínquer modificados nas plantas de Poty Paulista (PE), Itaú de Minas (MG), Sobradinho (DF), Laranjeiras (SE) e Rio Branco do Sul (PR). Em 2009 começaram a operar os primeiros fornos construídos especialmente para calcinação de argilas nas plantas de Nobres (MT) e Porto Velho (RO). Estes fornos têm 89 metros de comprimento, diâmetro de 3,95 metros e capacidade de produção de 1.000 toneladas por dia.

3 DESEMPENHO DOS CONCRETOS CONTENDO ARGILA CALCINADA

Pozolanas de argila calcinada têm impactos positivos na durabilidade do cimento e do concreto. O uso da pozolana calcinada na barragem de Jupiá, por exemplo, ajudou a reduzir a exsudação e a temperatura adiabática do concreto (Quadro 2) e foi efetiva na prevenção das expansões devidas à reação álcali-sílica (RAS) (Saad *et al.*, 1982; Andriolo *et al.*, 1986).

A eficácia da pozolana na mitigação dos efeitos da RAS também foi comprovada por um experimento iniciado em 1971. Naquela ocasião blocos de concreto foram feitos com diferentes tipos de cimento com alto teor de álcalis, agregados reativos e 16% de pozolana calcinada produzida em Jupiá e outros feitos com os mesmos

constituintes, mas sem a pozolana, foram deixados em uma área aberta. Depois de 25 anos de exposição estes blocos foram analisados e mostraram que aqueles contendo pozolana não sofreram qualquer deterioração, enquanto os sem argila calcinada exibiram fissuras decorrentes da expansão causada pela reação álcali-sílica (Figuras 2 e 3) (Oliveira *et al*., 1997).

Quadro 2: Influência do teor de pozolana no aumento da temperatura adiabática do concreto (Saad *et al*.,1982)

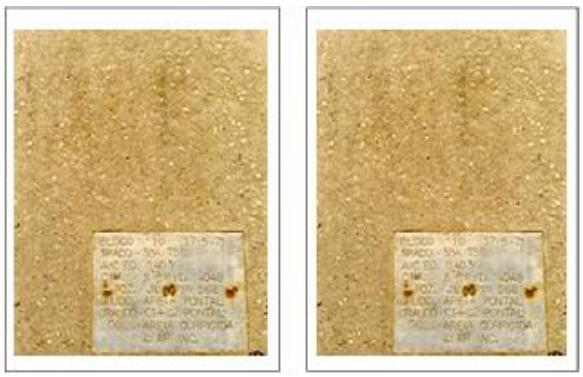
Teor de pozolana no concreto (%)	Aumento da temperatura do concreto (ºC)
0	232
30	191
50	160

Figuras 2: Blocos de concreto sem argila calcinada em 1974 (lado esquerdo) e em 1997 (lado direito) (Oliveira *et al.,* 1997).



Fonte: Modificado de Oliveira *et al.* (1997)

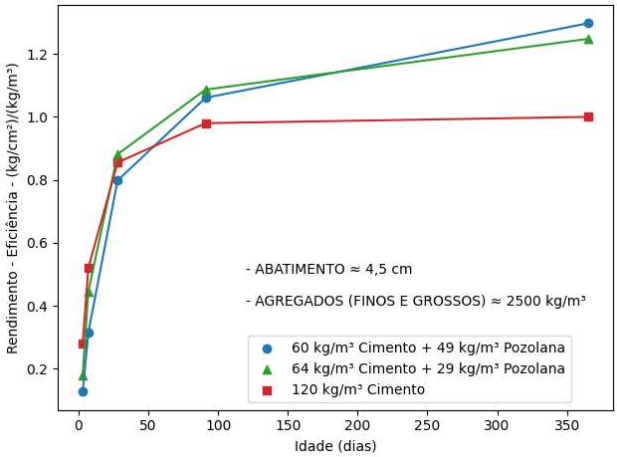
Figuras 3: Blocos de concreto com argila calcinada em 1974 (lado esquerdo) e em 1997 (lado direito)



Fonte: Modificado de Oliveira *et al.* (1997)

A argila calcinada também tem um efeito relevante na resistência mecânica do concreto. Testes de longa duração mostraram que a resistência à compressão do concreto com adição da pozolana produzida em Jupiá continuou aumentando até, pelo menos, um ano, contrariamente ao que foi observado para um concreto similar, sem pozolana, cuja resistência à compressão só cresceu até os 28 dias. A Figura 4 também mostra que a resistência do concreto com adição da argila calcinada de Jupiá superou à do concreto feito sem pozolana após os 28 dias, mesmo com um teor menor de ligantes.

Figura 4: Eficiência dos diferentes cimentos no ganho de resistência do concreto (Andriolo *et al*., 1986)



Fonte: Modificado de Andriolo *et al.* (1986)

Uma característica intrínseca dos cimentos com argila calcinada é a tendência a uma alta demanda de água, devido à porosidade da argila. Isto pode ser contornado com o uso de aditivos plastificantes e superplastificantes adicionados na moagem do cimento ou durante a produção do concreto.

Outro aspecto que pode ser um problema para a aceitação de cimentos com argila calcinada é sua cor: algumas argilas são avermelhadas ou se tornam vermelhas após o tratamento térmico. Um método desenvolvido e patenteado pela Votorantim Cimentos (Machado, 2017) permite a fabricação de pozolanas cinzentas a partir de argilas vermelhas, ao promover a transformação da hematita (Fe_2O_3), que é o mineral responsável pela cor vermelha, em silicatos de cálcio e ferro, que têm cor cinza (Figura 5).

Figura 5: Cor da argila antes e depois da calcinação feita conforme tecnologia desenvolvida e patenteada pela Votorantim Cimentos



4 CONCLUSÃO

A produção de pozolana a partir da calcinação de argilas é uma tecnologia comprovada e o uso desta pozolana como substituta parcial do clínquer é uma medida eficaz para reduzir as emissões de CO_2 associadas à produção do cimento. Além disso, concretos feitos com cimentos pozolânicos tendem a ter uma maior durabilidade, o que aumenta a vida útil da estrutura e diminui a pegada de carbono das construções. Possíveis problemas relacionados ao emprego da pozolana calcinada, tais como a maior demanda de água e a cor do cimento, já têm soluções técnica e economicamente viáveis.

REFERÊNCIAS

Andriolo, F. R. (1975) A utilização da pozolana na construção do conjunto hidroelétrico de Urubupungá. Centrais Elétricas de São Paulo S.A.

Andriolo, F. R.; Sgarboza, B. C (1986) The use of pozzolan from calcined clays in preventing excessive expansion due to the alkali-aggregate reaction in some Brazilians dams. *In:* 7th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction. Ottawa, Canada.

Machado, J. E. (2017) Pozzolan containing andradite and method for producing pozzolan containing andradite formed in situ. Patente BR112019027393-0. Aplicante: Votorantim Cimentos.

Oliveira, P. J.; Salles, F. M.; Andriolo, F. R. (1997) A evolução da reação álcali-agregado ao longo do tempo: 25 anos de observação. *In:* Anais Simpósio sobre Reatividade Álcali-Agregado em Estruturas de Concreto. Goiânia.

Saad, M. N. A., Andrade, W. P., Paulon, V. A. (1982) Properties of mass concrete containing an active pozzolan made from clay. Concrete International 4; 59-65.

Sgarboza, B. C (1985) Material pozolânico - A importância decisiva da CESP no seu desenvolvimento e uso. Seminário “CESP conta sua história”.

Zampieri, V. (1993) Cimento Portland Aditivado com Pozolanas de Argilas Calcinadas: Fabricação, Hidratação e Desempenho Mecânico. Tese apresentada no Instituto de Geologia, Universidade de São Paulo.