

COMPARAÇÃO DE TEMPO DE PEGA E TEMPERATURA DE HIDRATAÇÃO DE ARGAMASSAS COM SUBSTITUINTES CERÂMICOS

R.A.Rodrigues; L.S. Alves; A.C.J.Evangelista; V.C.Almeida,
Centro de Tecnologia, Escola de Química, Bloco E sala 206
Ilha do Fundão – CEP 21949 -900 E-mail: raqanjios@gmail.com
Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO

A trabalhabilidade das argamassas é determinada principalmente pela cinética de hidratação do ligante hidráulico, o processo de gelificação/hidratação desse material em meio aquoso é sensivelmente influenciado pela presença de aditivos. Em virtude disso, este trabalho tem por objetivo verificar alterações do tempo de pega e da temperatura de hidratação das argamassas com 10, 15 e 30% do cimento Portland substituídos por resíduos de porcelanato e de tijolos cerâmicos. A influência desses resíduos no processo de hidratação do cimento foi estudada através de ensaios de tempo de pega, temperatura de hidratação e difração de raios X. Os resultados obtidos indicam que a pega das argamassas não é alterada significativamente, já a temperatura de hidratação apresenta uma menor variação o que é preferido, pois reduz as microfissuras criadas na argamassa durante a secagem.

Palavras-chave: Porcelanato, tijolos cerâmicos, cimento, argamassa.

INTRODUÇÃO

Na química do cimento o termo hidratação refere-se ao conjunto de mudanças que ocorrem quando o cimento anidro ou uma de suas fases constituintes é misturado com a água. O fenômeno é complexo envolvendo reações químicas que superam a simples conversão de espécies químicas anidras em hidratos correspondentes (TAYLOR, 1998).

Nas reações de hidratação do cimento portland comercial, o teor de sulfato de cálcio exerce influência retardando a pega com conseqüente redução da velocidade de endurecimento da pasta de cimento. A etapa de enrijecimento ou densificação da pasta é conseqüência da mudança de um sistema de núcleos aglomerados em uma suspensão concentrada e, a seguir, em um sólido estruturado viscoelástico, capaz de suportar tensões aplicadas em tempos reduzidos sem deformações significativas (DIAMOND, 1981).

A construção civil é um setor da atividade tecnológica a consumir grande volume de recursos naturais, o que impulsionou a geração de várias pesquisas com o objetivo de verificar a utilização de diversos resíduos, os quais, em geral, são adicionados à composição do concreto e/ou argamassas em substituição de parte do cimento Portland, visando à melhoria de algumas de suas propriedades.

A indústria Brasileira de revestimentos cerâmicos ocupa uma posição de destaque no cenário mundial de revestimento. A produção brasileira de revestimentos cerâmicos de pisos e paredes foi da ordem de 713 milhões de metros quadrados, em 2009 (Anfacer).

Considerando a elevada produção nacional de pisos e revestimentos cerâmicos do tipo porcelanato (48 milhões de metros quadrados em 2009) (Anfacer) e do aquecimento econômico do setor da construção civil, o volume total de rejeitos de grês porcelanato passa a ser considerável vindo a se somar aos problemas ambientais decorrentes de seu descarte, apesar de ser considerado um resíduo inerte.

A indústria da cerâmica vermelha representa 4,8% da indústria da construção civil brasileira produzindo cerca de 4 bilhões de blocos cerâmicos e tijolos cerâmicos e consumindo aproximadamente 7,8 milhões de toneladas de argila por mês (ANICER). Os blocos cerâmicos são elementos construtivos usados largamente no Brasil, podem ser do tipo tijolos cerâmicos maciço, bloco estrutural, bloco de vedação ou tijolos cerâmicos vazado, sendo o último tipo o mais utilizado.

A indústria da construção civil gera resíduos seja por demolições, obras em processo de renovação, edificações novas, isto em razão do desperdício de materiais resultante da característica artesanal da construção. Dos resíduos sólidos urbanos, 2/3 em massa são de entulho cerca de 30% do entulho é constituído por tijolos cerâmicos e blocos.

Por ser um elemento de baixa resistência à compressão o número de perdas de tijolos cerâmicos e blocos pode variar de 3% a 48% dentre as diferentes fases de um empreendimento, concepção, execução ou utilização (AGOPYAN, 1998). Essas perdas geram um grande volume de resíduos, que se tornam uma preocupação quanto ao aspecto ambiental para as empresas fabricantes e para as construtoras.

O presente trabalho teve como objetivo, comparar o tempo de trabalhabilidade das argamassas que utilizam os resíduos de porcelanato e de blocos cerâmicos como substituinte de parte de cimento Portland no preparo de concretos e argamassas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Os materiais utilizados foram:

- ✓ Resíduo de porcelanato
- ✓ Resíduo de tijolos cerâmicos

Os resíduos oriundos da construção civil foram cominuído e classificados granulometricamente. A caracterização mineralógica dos mesmos foi mediante o emprego das técnicas de Difração de Raios X e Fluorescência de Raios X.

- ✓ Cimento

Foi utilizado para a confecção das argamassas o cimento Portland CII – F32.

- ✓ Água

A água usada é da rede de abastecimento da cidade do Rio de Janeiro.

- ✓ Agregado miúdo

O agregado miúdo utilizado foi areia de rio (Areal do rio Guandu), disponível comercialmente. Foi feita a distribuição granulométrica, a partir da qual foi determinada a dimensão máxima e o modulo de finura.

Métodos

- ✓ Composições das Argamassas

O proporcionamento das composições está descrito na Tabela 1.

Tabela 1: Composição dos traços de argamassa elaborados

Materiais	Composição, m ³			
	Padrão	P10 / T10	P15 / T15	P30 / T30
Cimento (kg)	520,8	468,3	442,7	364,6
Resíduo de porcelanato / tijolos cerâmicos cerâmicos (kg)	—	52,0	78,1	156,2
Água (L)	250,0	250,0	250,0	250,0
Areia (kg)	1560,0	1560,0	1560,0	1560,0

As composições analisadas neste trabalho foram as seguintes:

Padrão – Argamassa padrão (referência)

P10 / T10 – 10% do cimento substituído por resíduo de porcelanato ou tijolos cerâmicos

P15 / T15 – 15% do cimento substituído por resíduo de porcelanato ou tijolos cerâmicos

P30 / T30 – 30% do cimento substituído por resíduo de porcelanato ou tijolos cerâmicos

✓ Tempos de pega

O ensaio visou avaliar a influência da presença dos resíduos no tempo de pega da argamassa, determinado de acordo com as diretrizes gerais da NBR-NM 65/03.

Esta medição está associada à consolidação ou densificação do meio, que se torna menos viscoso, perdendo a capacidade de deformação com a evolução do estado fresco para o estado endurecido. Assim, o tempo de início de pega é determinado pela resistência inicial da pasta à penetração da agulha de Vicat e o tempo de fim de pega traduz um estágio mais avançado na consolidação do sistema, quando não se verifica mais a penetração arbitrária da agulha de Vicat na pasta.

O fenômeno da pega evidencia a interação da fase anidra com a fase parcialmente hidratada das partículas de cimento. Ao analisar essas interações

Nonat et al. (1997) identificaram duas etapas fundamentais: a aglomeração dos grãos de cimento durante os primeiros minutos após a mistura com a água, e a densificação das estruturas coaguladas, simultaneamente à aceleração da formação do C-S-H.

✓ Temperatura de hidratação

O fenômeno da pega do cimento compreende a evolução das propriedades mecânicas da pasta no início do processo de endurecimento, propriedades essencialmente físicas, conseqüente, entretanto, a um processo químico de hidratação. É definida como o momento em que a pasta adquire certa consistência que a torna imprópria a um trabalho conformacional (Bauer 1994). Geralmente, na hidratação de um cimento se verifica, inicialmente, uma pequena geração de calor. Segue um período dormente após o qual a precipitação de hidratos ocorre e um correspondente aumento na evolução de calor é observado. Dessa forma, por meio da introdução de um termopar na pasta de cimento o aumento de temperatura pode ser detectado e usado como medida das suas reações de hidratação e conseqüente endurecimento.

O ensaio foi realizado utilizando o sistema Pro Logger (Figura 1), que registra a temperatura da argamassa através de um termopar. Para o ensaio foram utilizadas as argamassas Padrão, P10, P15, P30, T10, T15 e T30, juntamente com uma pasta de cimento CPII – 32 F.



Figura 1: Sistema Pro Logger

RESULTADOS E DICUSSÕES

A Tabela 1 mostra a composição química elementar dos resíduos utilizados. Observa-se um elevado teor de sílica presente. Fato desejável em materiais ativos

e que tem papel importante, pois ao longo do tempo têm-se reações que formam os silicatos e aluminatos de cálcio hidratados, responsáveis pela resistência mecânica desenvolvida.

Tabela 1: Composição química elementar dos resíduos de tijolos cerâmicos e de porcelanato

Componente	Resíduo de tijolos cerâmicos (% em peso)	Resíduo de porcelanato (% em peso)
SiO ₂	53,434	65,614
Al ₂ O ₃	34,331	21,177
CaO	-	1,010
Fe ₂ O ₃	8,668	4,174
K ₂ O	1,646	4,184
MgO	0,539	1,597
Na ₂ O	-	0,952
TiO ₂	-	0,844
ZrO ₂	-	0,447

O processo de hidratação do cimento inicia-se quando a água entra em contato com a superfície das suas partículas e a fase líquida torna-se rapidamente saturada em várias espécies iônicas.

Este processo proporciona a formação de uma rede interconectada conferindo resistência mecânica ao corpo cerâmico. A velocidade de hidratação e de precipitação é fortemente dependente da composição cristalina do material de partida, bem como da estrutura dos produtos que se formam durante a precipitação.

Apesar de favorecida, a precipitação dos hidratos envolve um processo lento de nucleação, durante o qual não ocorre precipitação. Este tempo é necessário para que se atinjam condições ideais para a precipitação dos hidratos é conhecido como “período de indução”. Este estado de equilíbrio metaestável é mantido até que se vença a barreira de energia de ativação para a formação dos primeiros núcleos de cristais dos hidratos, sendo que quanto maior a energia de ativação mais lenta é a cinética pra um determinado processo.

A nucleação é um fenômeno dinâmico. As ligações entre espécies ocorrem aleatoriamente, sendo constantemente formadas e rompidas. Em algum momento um conjunto de espécies pode permanecer unido por um tempo maior que o médio, permitindo assim o aumento de seu tamanho por meio da ligação de outras

espécies. Ao atingir um determinado tamanho crítico verifica-se a formação de um núcleo estável.

A partir da formação dos primeiros núcleos estáveis, a velocidade de precipitação passa a não ser mais limitada pela energia de ativação uma vez que deste momento em diante o processo deve ocorrer por meio do crescimento dos núcleos.

O acompanhamento da liberação do calor de hidratação para as reações de hidratação do cimento CII – 32 F, padrão e das misturas preparadas com resíduos de porcelanato podem ser visualizadas no gráfico da Figura 2.

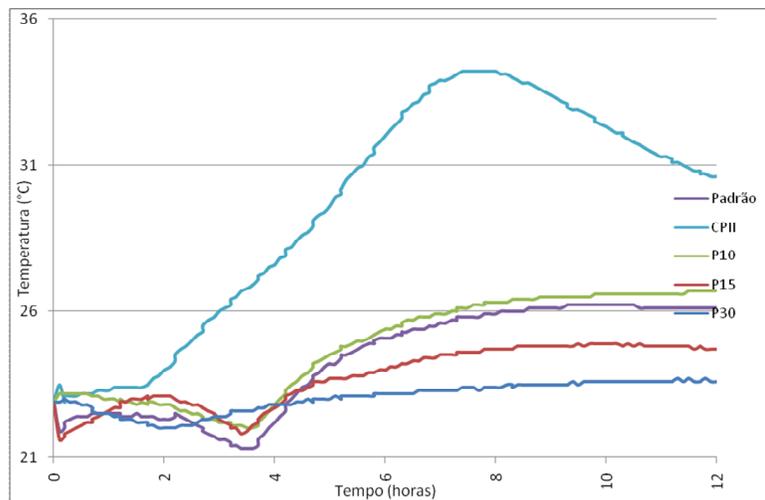


Figura 2: Temperatura de hidratação das argamassas com resíduo de porcelanato

Pode-se observar que para as argamassas produzidas o período de indução é maior do que ao apresentado pela pasta de cimento. A etapa de formação de C-S-H e Ca(OH)_2 ocorre de maneira mais lenta liberando uma menor quantidade de calor.

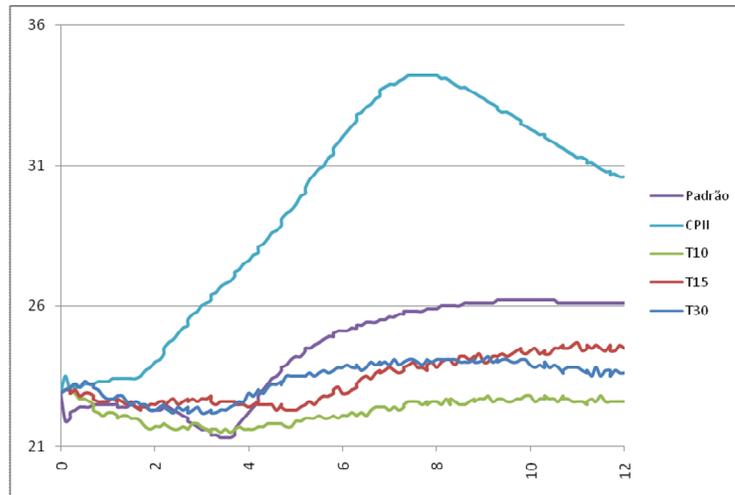


Figura 3: Temperatura de hidratação das argamassas com resíduo de blocos cerâmicos

Pelos gráficos da Figura 3 é possível observar que a introdução do resíduo de tijolos cerâmicos na argamassa provocou uma modificação das reações de hidratação do cimento. Nota-se que as argamassas possuem uma reatividade menor em relação à pasta de cimento Portland CII-F32, o que causa o aumento do tempo de indução, devido a inclusão da areia e do resíduo. A menor variação de temperatura durante a hidratação é preferida, pois o calor liberado durante a hidratação pode gerar micro fissuras nas argamassas e/ou concretos produzidos.

Ao se comparar as argamassas produzidas, observa-se que conforme o aumenta-se o percentual de substituição do cimento, menor a variação de temperatura. Isto devido a um menor teor de clínquer, que é o responsável pelas reações exotérmicas.

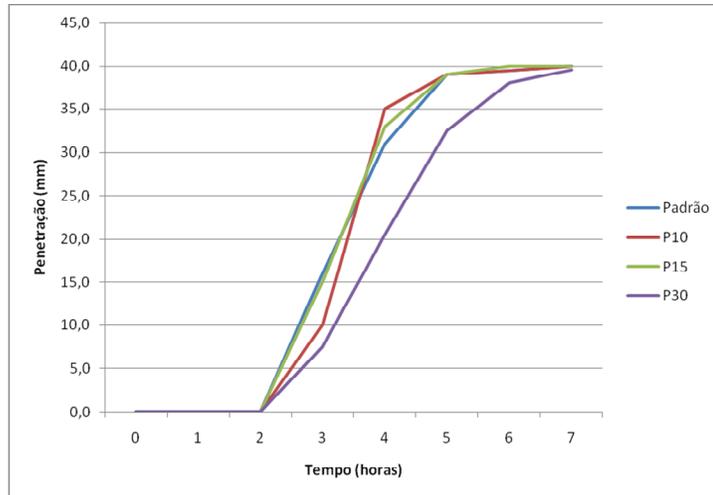


Figura 4: Tempo de pega das argamassas com resíduo de porcelanato

No gráfico da Figura 4 pode-se observar o tempo de pega das argamassas. A adição do resíduo de porcelanato não influenciou no tempo de dormência das argamassas produzidas, todas iniciam a pega com duas horas e meia de ensaio. A primeira argamassa a alcançar o fim da pega é a P15 com o tempo de seis horas, as demais argamassas levam seis horas e meia para alcançar o fim da pega.

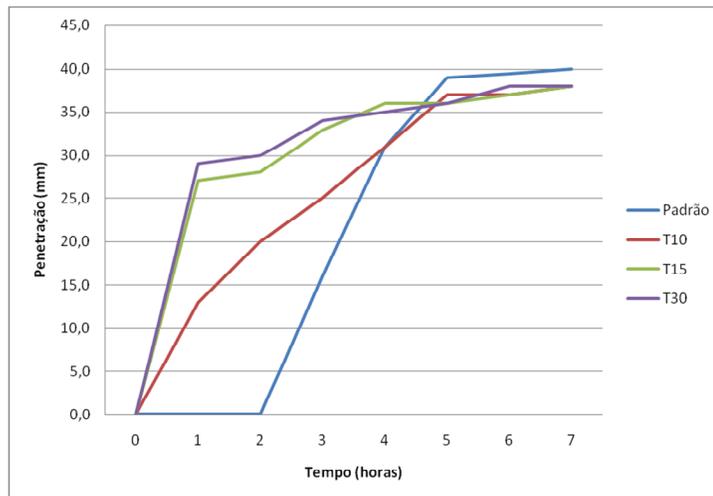


Figura 5: Tempo de pega das argamassas com resíduo de tijolos cerâmicos

Já as argamassas com resíduo de blocos cerâmicos (Figura 5) têm o tempo de dormência alterado, segundo ANDERSSON & GRAM (1988) a redução do início da pega ocorre porque a redução da água total implica no aumento da concentração

iônica, acelerando a precipitação de hidratados. Assim, se a redução da água for de tal ordem que as concentrações atingem ou quase atingem o equilíbrio de precipitação, a pega será praticamente instantânea. Pode-se observar que quanto maior a adição do resíduo, maior foi a resistência à penetração da agulha de Vicat.

CONCLUSÕES

Uma análise conjunta dos resultados mostra que os resíduos de porcelanato e tijolos cerâmicos pesquisados apresentam características mineralógicas que o classifica como silico-aluminoso, quanto à composição química, responsáveis quando hidratados pela resistência mecânica desenvolvida.

O resíduo de porcelanato não altera o tempo de início de pega da argamassa ao ser utilizado como substituinte, ao contrário do resíduo de tijolos cerâmicos que reduziu em cerca de uma hora o início da pega da argamassa.

As argamassas preparadas com substituintes do cimento Portland tiveram uma menor variação de temperatura durante a cura, o que é preferível por evitar microfissuras na argamassa, a argamassa que utiliza os tijolos cerâmicos como substituinte apresentou a menor variação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN V.; SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A.C. Pesquisa "Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras." Relatório final - VOLUME 4 - Resultados e análises: aço, concreto usinado e blocos/tijolos cerâmicos. EPUSP/FINEP/ITQC, 1998.

ANDERSSON, R.; GRAM, H.E. Properties of alkali-activated slag. In: Alkali activated slag (part I). Stockholm : Swedish Cement and Concrete Research Institute, 1988. p.9-63. (CBI Research to 1-88)

ANDERSSON, R.; GRAM, H.E. Properties of alkali activated slag concrete. In: NORDIC CONCRETE FEDERATION. Nordic concrete research. Oslo, 1987. p.7-17.

BATTAGIN, A.F. The use of microscopy for estimating the basicity of slags in slag cements.

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica

Disponível em: <http://www.anicer.com.br>

Acesso em 28 de março de 2011

ANFACER - Associação Nacional de Fabricantes de Cerâmica para Revestimento.

Disponível em <http://www.anfacer.org.br/>

Acesso em 28 de março de 2011

DIAMOND, S. Cement pastes: rheology and evolution of properties and structures. In.: INTERNATIONAL CONGRESS OF CHEMICAL ON CEMENT, 7., 1980, Paris. Proceedings... Paris, 1981. v. 4, p. 113-123.

TAYLOR, H. F. W. Cement Chemistry. 2. ed. London: Thomas Telford, 1998. 459p.

NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. Trad. Giammusso, S. E.. 2a ed., São Paulo, 1997: Editora Pini, 828 p.

PINTO, T.P. Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. Escola politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP. Tese de doutorado, São Paulo 1999, 189p.

RODRIGUES, A.M.; PINARO, S.A.; BERG, E.A.T.; SANTOS, A.H. propriedades de matérias-primas selecionadas para a produção de grês porcelanato. Cerâmica Industrial, v.9, n 1, p 33-38, 2004.

SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento.

Disponível em www.snic.org.br/

Acesso em 15 de março de 2011

COMPARISON OF SETTING TIME AND TEMPERATURE HYDRATION IN MORTAR WITH SUBSTITUENT CERAMIC

ABSTRACT

The workability of mortar is determined mainly by the kinetics of hydration of the hydraulic binder, the process of gelation / hydration of this material in aqueous solutions is significantly influenced by the presence of additives. As a result, this work aims at studying changes in setting time and temperature of hydration of mortars with 10, 15 and 30% of Portland cement replaced by residues of porcelain and ceramic bricks. The influence of these residues in the cement hydration process was studied by testing takes time, temperature, hydration and X-ray diffraction. The results indicate that the mortar setting time not changed significantly since the temperature of hydration has a minor variation on what is preferred because it reduces the microcracks created in mortar during drying.

Key-words: Porcelain, ceramic bricks, cement, mortar.