

## Estudo da Viabilidade de Utilização de Resíduos Cerâmicos para Confeção de Argamassas

**Cesar Alexandre Paixão<sup>a</sup>, Luciane Fonseca Caetano<sup>a</sup>,  
Johanna Gabriella Roos Coliante<sup>a</sup>, Luiz Carlos Pinto da Silva Filho<sup>b</sup>,  
Carlos Pérez Bergmann<sup>a\*</sup>**

<sup>a</sup>*Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS,  
Av. Osvaldo Aranha, 99, Térreo, CEP 90110-270, Porto Alegre, RS, Brasil*

<sup>b</sup>*Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS,  
Porto Alegre, RS, Brasil*

*\*e-mail: bergmann@ufrgs.br*

**Resumo:** A tendência de utilização de materiais reciclados está cada vez maior. Este fato é observado em várias áreas de atuação, mas, principalmente, na indústria da construção civil. Portanto, cabe aos pesquisadores identificar e avaliar o potencial de utilização dos resíduos em misturas de argamassa e de concreto. Este trabalho visa avaliar a utilização de resíduos da fabricação de pisos e azulejos, denominado de chamote, como substituição da areia para confecção de argamassas. Neste trabalho foram analisados três resíduos, fornecidos pela mesma empresa, e provindo de quebra na produção de porcelanato, de piso cerâmico e de azulejo. Estes resíduos foram caracterizados fisicamente e comparados com a areia do Rio Jacuí, bem como avaliados sob forma de mistura em matriz cimentícia. Corpos-de-prova de  $40 \times 40 \times 160$  mm<sup>3</sup> foram moldados e ensaiados, a compressão e a flexão, com 7, 28 e 63 dias, enquanto que corpos-de-prova cilíndricos com 50 mm de diâmetro foram avaliados em relação à absorção de água, índices de vazios e massa específica. Destaca-se que, para que o mesmo espalhamento fosse mantido, foi necessária a adição de plastificante. Resultados preliminares demonstram um excelente potencial de utilização deste resíduo, visto a melhoria das propriedades mecânicas, bem como as físicas, em relação à absorção, comparando aos resultados obtidos com a areia de rio.

**Palavras-chave:** *resíduo cerâmico, reaproveitamento de resíduos.*

### 1. Introdução

O processo produtivo em qualquer âmbito industrial gera uma quantidade muito grande de resíduos, tanto na produção de bens duráveis como não duráveis. Este fato acaba sendo agravado quando o descarte destes resíduos ocorre de forma descontrolada, ocupando grandes áreas, tornando-as ociosas. Normalmente, as soluções encontradas pelas empresas quanto ao descarte de tais resíduos são os aterros sanitários e os lixões, porém na estrutura das grandes cidades, não há espaços para essas obras devido à aglomeração de pessoas nos centros urbanos e a alta valorização dos terrenos em algumas áreas. Além de gerar entulho, o descarte industrial também leva ao desperdício de matéria-prima, pois à medida que se descarta um resíduo, acaba se perdendo material que poderia ser reciclado e reutilizado como bens de produção. Outro fator importante é o problema da contaminação e degradação do meio ambiente em função da natureza dos resíduos, em especial os resíduos sólidos. Estes podem gerar danos na atmosfera, solo, lençol freático e rios, durante todo seu ciclo de vida, seja nas dependências da empresa e, principalmente, em seu destino final.

O crescimento da indústria da construção civil tem se mostrado cada vez maior, sendo necessária a intensificação da exploração de jazidas de agregados graúdos e de dragagem de areia. Por isto, pesquisas que visem obter agregados alternativos, rovindos de resíduos, tem sido foco de vários centros de pesquisas.

Dentro das possíveis alternativas de pesquisa para utilização, como agregado miúdo, na construção civil, estão os resíduos cerâmicos denominados “chamotes”. O chamote nada mais é do que o produto cerâmico argiloso após sofrer queima (revestimentos, telhas, tijolos, sanitários, etc.), com falhas que os desclassificam para

venda e utilização. O volume de material descartado representa, em média, 3% de toda a produção nacional de revestimentos cerâmicos. A possibilidade de uso de chamotes como agregado miúdo em argamassas na indústria da construção civil, através da preparação granulométrica adequada, pode ser uma alternativa eficiente para reduzir o volume disposto no meio ambiente, e contribuir para que a extração de agregados naturais seja reduzida. A redução de custos de componentes contendo o agregado obtido dos descartes também é possível, influenciando toda a cadeia da indústria da construção civil.

Sabe-se que existem materiais cerâmicos de diversos tipos e com as mais variadas aplicações, entretanto, todos têm características diferentes e uma responsabilidade especial. Dentro destes diversos tipos de materiais cerâmicos destacam-se os materiais de revestimento, como por exemplo, os pisos cerâmicos, os porcelanatos e os azulejos, sendo os pisos cerâmicos e os porcelanatos materiais que apresentam excelentes características técnicas como alta resistência mecânica, baixa absorção de água, entre outros. Já os azulejos são materiais com características técnicas inferiores, comparado aos anteriormente citados, porém são materiais que apresentam ótima estabilidade dimensional.

### 2. Indústria Cerâmica Atual

Com o crescimento da economia global, o Brasil também apresentou um aumento da produtividade em diversos setores da economia, dentre os quais o setor cerâmico aparece com destaque. Atualmente, o Brasil coloca-se em segundo lugar como produtor mundial de revestimentos cerâmicos. Segundo a Associação Nacional

de Fabricantes de Cerâmica para Revestimento – ANFACER<sup>1</sup>, o Brasil atualmente produz cerca de 713 milhões de m<sup>2</sup> de cerâmica de revestimento por ano, ficando atrás somente da China. O setor de revestimentos cerâmicos no Brasil é constituído por 94 empresas, com 117 plantas industriais. Instaladas em 18 estados, tem sua maior concentração nos estados de São Paulo e Santa Catarina e em expansão na região Nordeste do país.

Dando destaque às indústrias cerâmicas de revestimentos catarinenses, por serem vizinha de nosso estado e parceiras desta pesquisa, salienta-se que as indústrias concentram-se em sua grande maioria nos municípios de Tubarão, Criciúma, Jaguaruna e Morro da Fumaça. São a principal fonte de renda em parte dos municípios, gerando cerca de 11.000 empregos diretos e 30.000 indiretos por todo o estado. A localização destas cidades favorece muito o desenvolvimento da indústria cerâmica, já que todas têm uma grande proximidade com a BR 101, que é a rodovia que liga todo o país. As Figuras 1 e 2 destacam números da indústria cerâmica brasileira de revestimentos, demonstrando um crescimento gradual e constante ao longo dos anos.

### 3. Objetivos

O presente trabalho investigou a viabilidade de utilização de chamotes cerâmicos (piso, porcelanato e azulejo) para confecção de argamassas cimentícias.

### 4. Programa Experimental

Neste item serão apresentados os materiais, o proporcionamento de mistura, bem como a metodologia de ensaio utilizada neste trabalho.

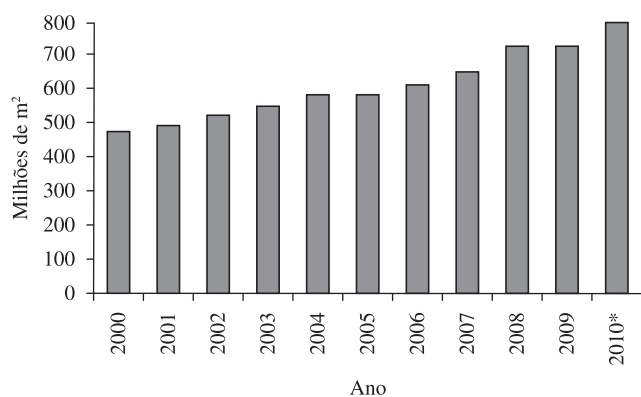


Figura 1. Produção brasileira de revestimentos cerâmicos. Fonte: ANFACER<sup>1</sup>.

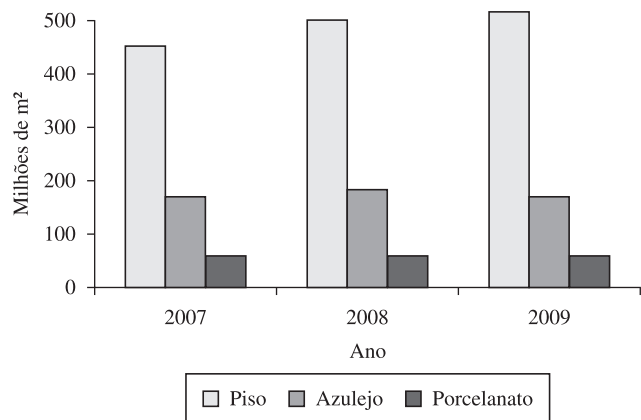


Figura 2. Tipos de produtos de revestimentos cerâmicos. Fonte: ANFACER<sup>1</sup>.

### 4.1. Materiais

Para a moldagem dos corpos-de-prova ensaiados neste trabalho foi utilizado cimento de alta resistência inicial, resistente a sulfatos (CP V-RS, de acordo com a Norma Brasileira NBR 5732/1991<sup>2</sup>); areia silicosa de rio (Rio Jacuí – RS) com diâmetro máximo igual a 4,8 mm e módulo de finura de 2,42; chamote de piso cerâmico esmaltado (PCE), com temperatura de queima de 1170 °C, absorção de água igual ou menor que 6%, diâmetro máximo igual a 4,8 mm e módulo de finura de 2,69; chamote de porcelanatos esmaltados (POE), com temperatura de queima de 1210 °C, absorção de água igual ou menor que 0,5%, diâmetro máximo igual a 4,8 mm e módulo de finura de 2,55; chamote de azulejos cerâmicos (AC), com temperatura de queima de 1100 °C, absorção de água na faixa de 14%, diâmetro máximo igual a 4,8 mm e módulo de finura de 2,04. A caracterização do agregado miúdo foi realizada de acordo com a Norma Brasileira NM 248/2003<sup>3</sup> – “Agregados – Determinação da composição granulométrica”.

Cabe aqui destacar que, com exceção do chamote de azulejo, os resíduos apresentaram distribuição granulométrica dentro dos limites máximos e mínimos recomendados pela ABNT NM 248:3003<sup>3</sup>. O chamote de azulejo apresentou granulometria mais fina do que a mínima recomendada, em consequência de sua maior moabilidade.

O chamote pulverizado foi obtido, inicialmente, através da fragmentação das peças descartadas, com o uso de um britador de mandíbulas, e posteriormente por moinhos de martelos (Figura 3). Após este processo, os resíduos foram peneirados, sendo utilizado, somente, o passante na peneira ABNT n° 4 (4,8 mm), conforme classificação da ABNT NBR 7211:2009<sup>4</sup>.

### 4.2. Proporção das misturas

Os três chamotes investigados substituíram em 100% a areia de rio, sendo utilizado o mesmo traço, em massa, na proporção de 1:3 (cimento:agregado miúdo). As argamassas confeccionadas foram identificadas conforme a Tabela 1.

Uma vez que os resíduos apresentaram maior módulo de finura e possuem maior taxa de absorção do que a areia de rio, foi necessária a adição de um superplastificante, a fim de garantir que o espalhamento fosse mantido o mesmo para todas as misturas analisadas.

Inicialmente, foi definida a relação água/cimento para a argamassa confeccionada com a areia de rio ( $a/c = 0,48$ ) e verificado o espalhamento obtido, conforme procedimento da ABNT NBR 13276:2005<sup>5</sup>. Posteriormente, adotou-se o espalhamento de  $260 \pm 10$  mm, para as demais misturas, mantendo-se a relação água/cimento de 0,48 e adicionado o superplastificante, até que o espalhamento especificado fosse atingido. Destaca-se, porém que, para a mistura utilizando chamote de azulejo, este procedimento não pode ser atendido, pois ao misturar a água, o cimento e o chamote, a mistura continuava muito seca, desta forma o aditivo não conseguiu ter eficiência. Sendo assim, foi colocada a menor quantidade de água possível para que a mistura pudesse ser confeccionada. A relação água/cimento para esta mistura foi de 0,82. Na Tabela 2 é possível observar o proporcionamento de cada mistura, bem como a proporção de aditivo utilizado, em relação ao peso de cimento, e a relação água/cimento.

### 4.3. Moldagem dos corpos-de-prova

Para a realização dos ensaios mecânicos e de absorção de água, foram moldados corpos-de-prova prismáticos e cilíndricos, conforme as Normas ABNT NBR 13279:2005<sup>6</sup> e 7215:1996<sup>7</sup>, respectivamente. Para cada mistura, foram moldados 12 corpos-de-prova prismáticos de  $40 \times 40 \times 160$  mm<sup>3</sup> e 3 cilíndricos de 50 mm de diâmetro, que foram utilizados para a análise de absorção de água aos 28 dias. As propriedades mecânicas de resistência à compressão e resistência à tração foram determinadas em três idades distintas, 7, 28 e 63.

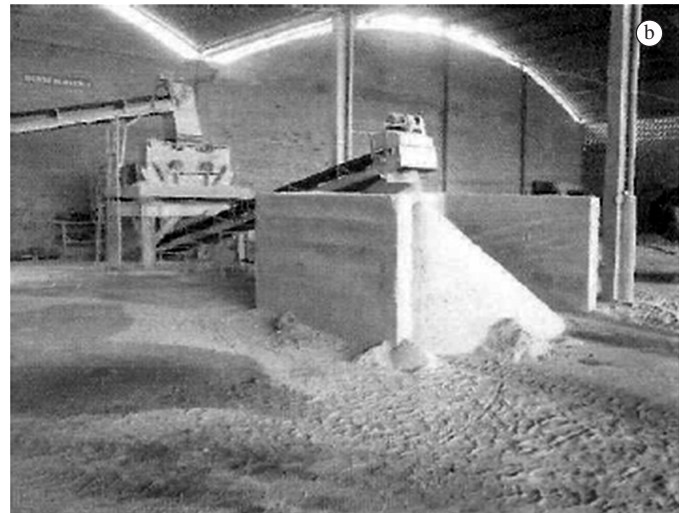
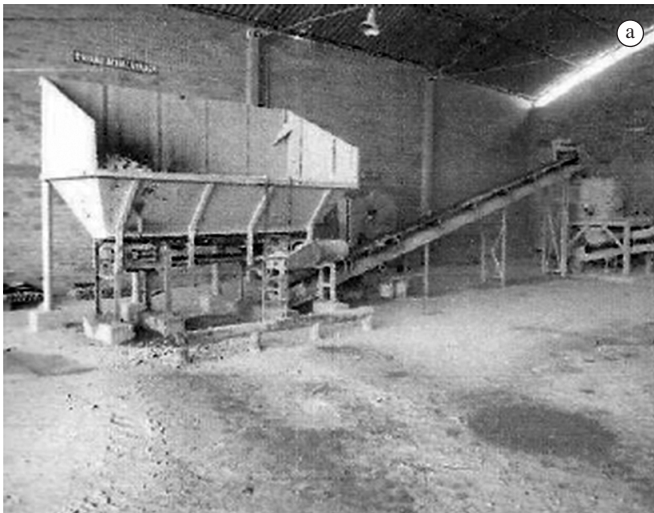


Figura 3. Detalhe dos equipamentos utilizados para a fragmentação: a) britador de mandíbulas; b) moinho de martelos.

Tabela 1. Denominação das argamassas em estudo.

Agregado utilizado	Identificação das argamassas
Areia de rio	AR
Chamote de piso esmaltado	CPE
Chamote de porcelanato esmaltado	CPOE
Chamote de azulejo	CA

Tabela 2. Proporcionamento das argamassas.

Identificação das argamassas	Traço	Relação a/c	Aditivo superplastificante (%)
AR	1:3	0,48	-
CPE	1:3	0,48	1,31
CPOE	1:3	0,48	1,62
CA	1:3	0,82	2,65



Figura 4. Corpos-de-provas após moldagem.

As misturas foram confeccionadas em uma misturadora de eixo vertical, com capacidade de 25 L, possibilitando a produção de todos os corpos-de-prova em uma única argamassada. A ordem de mistura seguiu as recomendações da ABNT NBR 7215:1996<sup>5</sup>. Após 24 horas da moldagem, os corpos-de-prova foram desmoldados, sendo mantidos em câmara úmida com temperatura de  $23 \pm 2$  °C e umidade relativa do ar maior que 95%, até a idade de um dia antes dos ensaios, quando eram expostos a temperatura e umidade ambiente. A Figura 4 apresenta uma fotografia dos corpos-de-prova após moldagem.

#### 4.4. Metodologia de ensaio

A determinação da resistência mecânica das argamassas foi realizada de acordo com a Norma ABNT NBR 13279:2005<sup>6</sup>, segundo a qual um corpo-de-prova seja ensaiado à tração na flexão e posteriormente à compressão. No ensaio de tração, a mini viga é rompida em duas partes. Cada uma das partes é, posteriormente, ensaiada à compressão, totalizando seis resultados de tensão de compressão para cada idade de análise. Os ensaios mecânicos foram executados em uma prensa elétrica marca Shimadzu, com capacidade de carga de 100 kN.

A determinação da absorção das argamassas, do índice de vazios e da massa específica real foi realizada através das recomendações da

ABNT NBR 9778:2005<sup>8</sup>. Esta Norma contempla a determinação da massa seca de todos os corpos-de-prova, bem como a massa saturada em água a temperatura ambiente e após 5 horas de fervura, além da determinação da massa hidrostática.

## 5. Resultados e Discussão

A seguir serão apresentados os resultados obtidos com os ensaios de resistência à tração, resistência à compressão e absorção de água.

### 5.1. Resistência à tração

A Figura 5 apresenta os resultados de resistência à tração em função da idade de cura dos corpos-de-prova para as argamassas sem e com a adição das chamotas investigadas. Para as idades de 7 e 28 dias, houve um aumento do desempenho mecânico para todas as argamassas confeccionadas com resíduos, em relação à produzida apenas com adição de areia de rio. Este comportamento só não é observado para a argamassa confeccionada com o chamote de azulejo, que apresenta resultados de resistência à tração, aos 63 dias, 37% inferior aos da argamassa produzida apenas com adição de areia de rio. Além disto, pode-se verificar que até os 28 dias, com o aumento da idade de cura houve um aumento de resistência à

tração para todas as misturas de argamassas, porém para a idade de 63 dias, somente as misturas produzidas apenas com areia de rio e com chamote de porcelanato continuaram a apresentar incremento de resistência mecânica.

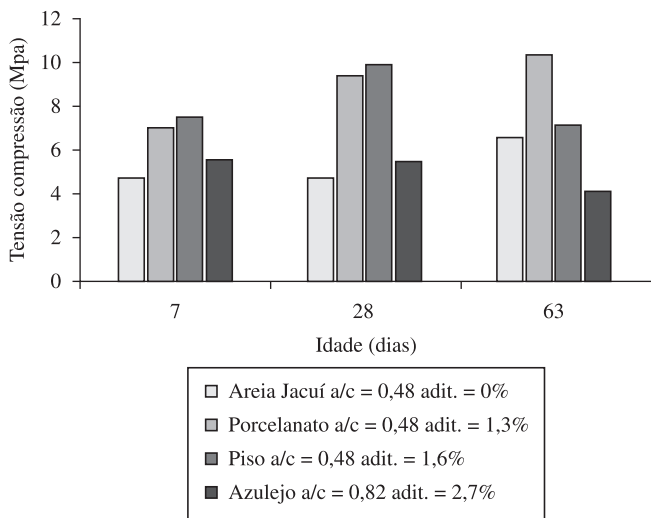
A partir dos dados da Figura 5, obteve-se a variação da resistência à tração das argamassas investigadas com a incorporação de resíduos em relação à argamassa contendo apenas areia, apresentados na Figura 6. Assim, verifica-se que aos 7 e 28 dias, a argamassa confeccionada com chamote de piso apresentou maior ganho de resistência à tração, respectivamente 58 e 111%. Já aos 63 dias o maior ganho foi 57% para a argamassa produzida com chamote de porcelanato.

## 5.2. Resistência à compressão

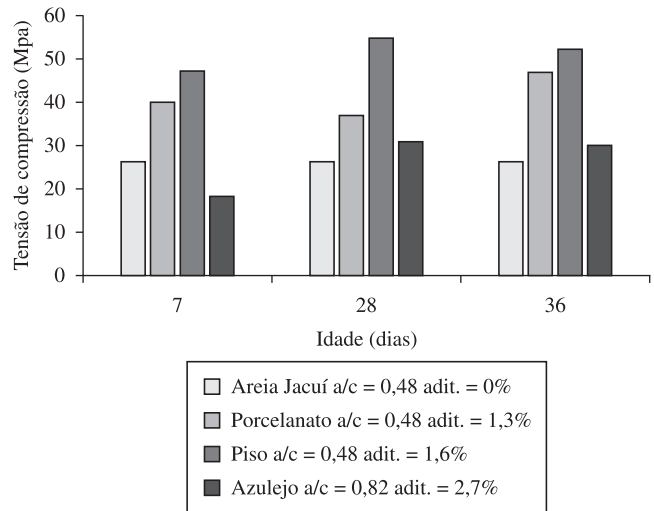
A Figura 7 apresenta os resultados de resistência à compressão das argamassas investigadas. Em conformidade com os resultados de tensão de tração, as argamassas com chamotes cerâmicos também apresentaram maiores resistências à compressão, quando comparado com argamassas produzidas apenas com areia de rio. Analisando os resultados obtidos para as argamassas com chamote de azulejo,

verifica-se que aos 7 dias a resistência não atingiu o mesmo patamar de desempenho da argamassa com areia de rio. Porém, salienta-se que, mesmo com uma relação água/cimento cerca de 71% superior, a resistência aos 28 e 63 dias foi mais elevada, demonstrando potencial de utilização deste resíduo.

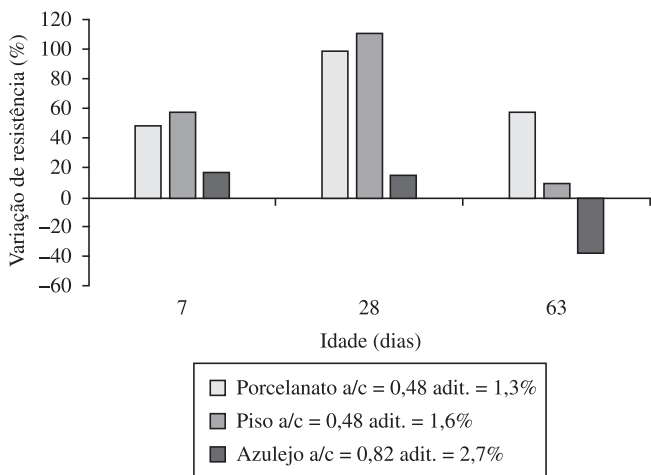
A partir dos dados das Figuras 7 e 8 indicam que o ganho de resistência à compressão foi superior a 100%, aos 28 dias, para a argamassa confeccionada com chamote de piso, apresentando uma pequena redução aos 63 dias. Quando comparada com os resultados da argamassa apenas com areia de rio, entretanto, o ganho foi de 98%. Acredita-se que esta melhora de desempenho mecânico das argamassas produzidas com resíduo cerâmico se deva pela redução dimensional do agregado, proporcionando um melhor empacotamento da mistura. Além disto, por este agregado ser mais poroso do que os quartzosos, há maior probabilidade dos cristais de hidratação do cimento se formarem nestes poros, melhorando sensivelmente a zona de transição, e consequentemente, a aderência entre a pasta e os agregados. Mais estudos estão sendo desenvolvidos de forma a analisar se estes benefícios se devem exclusivamente a efeitos físicos, ou também, a efeitos químicos.



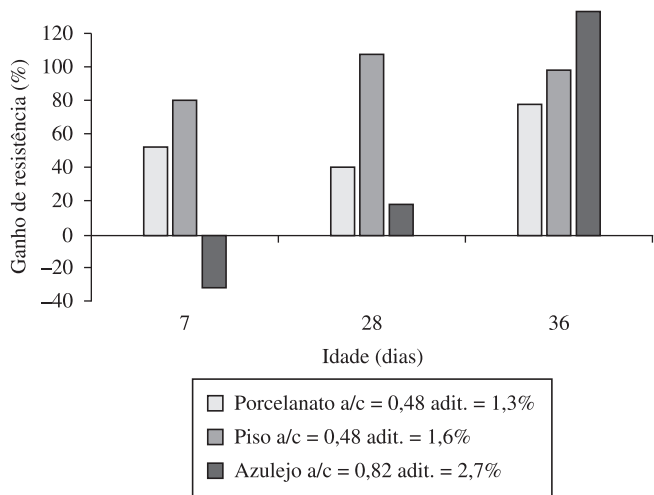
**Figura 5.** Variação da resistência à tração em função da idade de cura das argamassas investigadas.



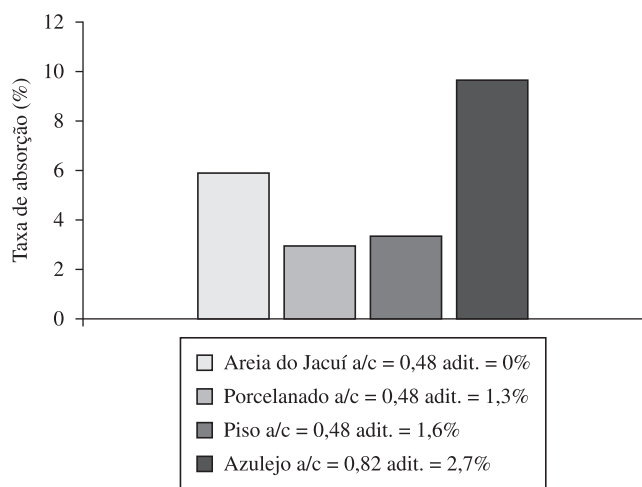
**Figura 7.** Variação da resistência à compressão em função da idade de cura das argamassas investigadas.



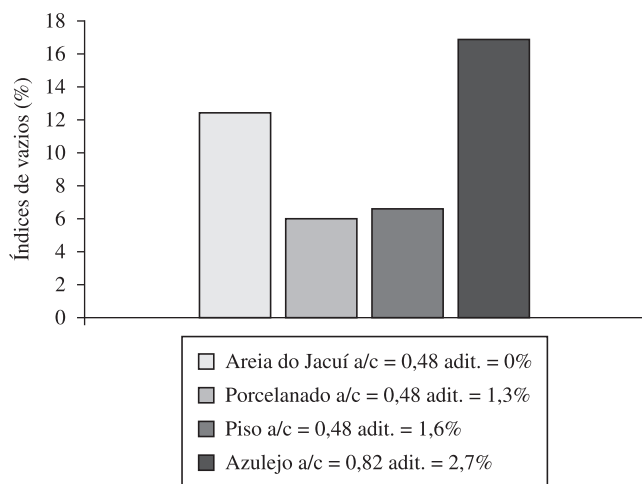
**Figura 6.** Variação de resistência à tração em função da idade de cura das argamassas investigadas em relação à argamassa apenas com areia (sem resíduo).



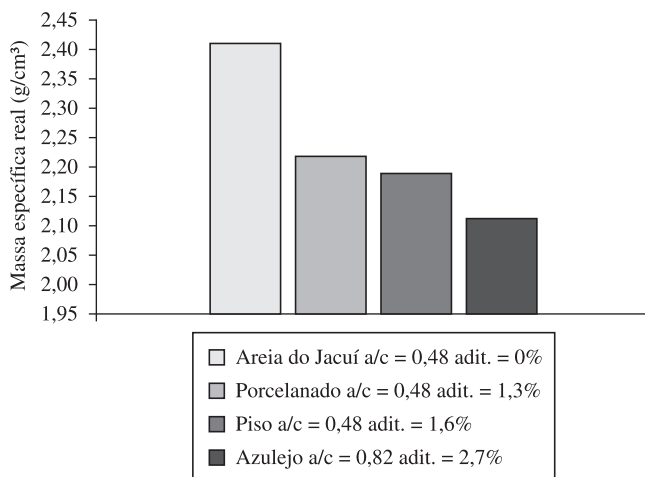
**Figura 8.** Variação de resistência à compressão em função da idade de cura das argamassas investigadas em relação à argamassa apenas com areia (sem resíduo).



**Figura 9.** Valores da taxa de absorção de água após cura de 28 dias das argamassas investigadas.



**Figura 10.** Valores do índice de vazios após cura de 28 dias das argamassas investigadas.



**Figura 11.** Valores da massa específica real após cura de 28 dias das argamassas investigadas.

### 5.3. Taxa de absorção, índice de vazios e massa específica real

De forma a verificar se a substituição da areia de rio por resíduo cerâmico na confecção de argamassa provocaria alteração na taxa de absorção de água e no índice de vazios, corpos-de-prova foram ensaiados aos 28 dias. Como pode ser observado na Figura 9, apesar dos resíduos apresentarem maior absorção do que a areia quartzosa, a argamassa confeccionada com os resíduos de piso cerâmico e porcelanato apresentam taxas de absorção mais baixas. Este fato pode ser explicado pelo maior empacotamento das partículas, dificultando a entrada de água, e consequentemente, a entrada de agentes agressivos.

De acordo com os valores de absorção obtidos, verifica-se que a argamassa com chamote de porcelanato e de piso proporcionaram, respectivamente, uma redução de 50,6 e 44,2%, em relação a argamassa tradicional. Já a absorção das argamassas de chamote de azulejo apresentou 64% maior do que a produzida apenas com areia de rio. Este resultado é consequência provavelmente de dois fatores: pela maior quantidade de água adicionada à mistura e por este resíduo apresentar maior taxa de absorção.

O mesmo comportamento observado para a taxa de absorção foi obtido para o índice de vazios, conforme pode ser observado na Figura 10. Foram identificados menores índices de vazios para argamassas com chamote de piso e porcelanato e maior para argamassa com chamote de azulejo. No entanto, o índice de vazios da argamassa executada com resíduo de azulejo foi de 36,6% superior a de referência, taxa menor do que a registrada para a absorção.

As argamassas produzidas com resíduos apresentaram massas específicas reais menores do que a argamassa tradicional. Pela Figura 11, observa-se que a massa específica da argamassa de areia de rio possui 2,40 g.cm<sup>-3</sup>, enquanto que a de chamote de azulejo possui 2,11 g.cm<sup>-3</sup>. As reduções de massa são de 7,9, 8,9 e 12,2%, para a argamassa com chamote de porcelanato, de piso e de azulejo, respectivamente.

## 6. Conclusões

A partir dos resultados alcançados, verifica-se que a utilização de chamote de porcelanato e de piso para confecção de argamassas apresenta grande potencial de utilização, por fornecer melhor desempenho mecânico, tanto à tração quanto à compressão e melhor comportamento a entrada de agentes agressivos.

Além dos benefícios físicos e mecânicos, a utilização destes resíduos contribui para um melhor aproveitamento dos resíduos e, consequentemente, para o alcance de uma produção mais sustentável. Isso pode significar uma considerável diminuição do impacto ambiental, considerando dados fornecidos pela empresa geradora dos resíduos: para um percentual de descarte de 2,5%, gera-se uma quantidade de 83.625 m<sup>2</sup>/mês, isto é cerca de 500 t/mês.

Destaca-se que anteriormente a aplicação destes resíduos em argamassas, é necessário realizar estudos para verificar seu nível de retração. Em relação a utilização de chamote de azulejo para produção de argamassa, salienta-se que há a necessidade de mais estudos e aplicação mais controlada, pois a mesma apresentou maior índice de vazios e absorção de água, podendo comprometer a argamassa pela entrada de agentes agressivos.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO - ANFACER. **Gestão 2010**. Publicação ANFACER, 2010. Disponível em: <http://www.anfacer.org.br>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5732**: Cimento Portland comum. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR NM 248:2003**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7211:2009**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13276:2005**: Argamassa - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13279:2004**: Argamassa - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7215:1996 Versão Corrigida:1997** - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9778:2005 Versão Corrigida 2:2009**. Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.