



## APLICAÇÃO DE RESÍDUO CERÂMICO CALCINADO COMO POZOLANA: A REVIEW

Débora Magali Hansen<sup>1</sup> ([debyhansen@gmail.com](mailto:debyhansen@gmail.com)), Feliciane Andrade Brehm<sup>1</sup> ([felicianeb@unisinis.br](mailto:felicianeb@unisinis.br)), Carlos Alberto Mendes Moraes<sup>1</sup> ([cmoraes@unisinis.br](mailto:cmoraes@unisinis.br)),  
Marlova Piva kulakowski<sup>1</sup> ([marlovak@unisinis.br](mailto:marlovak@unisinis.br))

<sup>1</sup> Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

### RESUMO

*Pesquisas têm sido desenvolvidas e intensificadas em relação à reciclagem e incorporação de resíduos em novos produtos ou componentes. Sabe-se que o setor da construção civil é impactante ao meio ambiente, tanto na questão do consumo dos recursos naturais e geração de resíduos, quanto nas emissões dos gases de efeito estufa, principalmente CO<sub>2</sub> no caso das indústrias de cimento. Com a utilização de coprodutos na produção de materiais cimentícios é possível reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, reduzir o consumo de energia associado à produção do cimento e ainda contribuir para a redução do impacto ambiental relacionado com a destinação final de resíduos. O setor cerâmico possui um percentual de geração de resíduo cerâmico calcinado que pode chegar até 30% (em massa). Fragmentos de blocos, tijolos, telhas e lajotas, gerados pela quebra dessas peças, seja na etapa da queima, seja na etapa do transporte são tratados como resíduo cerâmico calcinado neste estudo. No intuito de buscar uma alternativa de reciclagem desse material, o objetivo deste trabalho consiste em apresentar uma revisão bibliográfica de estudos referentes à aplicação do resíduo cerâmico calcinado como pozolana em substituição parcial ao cimento Portland em argamassas e concretos. A literatura apresenta melhores resultados quando os teores de substituição (em massa) do cimento pelo resíduo cerâmico calcinado em argamassas e concretos são de 20%.*

**Palavras-chave:** Resíduo cerâmico, Pozolana, Cimento Portland.

## APPLICATION OF CALCINED CERAMIC WASTE AS POZZOLAN: A REVIEW

### ABSTRACT

*Research has been developed and intensified over recycling and waste incorporation into new products or components. It is known that the construction sector is impacting the environment, both on the issue of resource consumption and waste generation, as emissions of greenhouse gases, especially CO<sub>2</sub> in the case of cement industries. With the use of co-products in the production of cementitious materials can reduce CO<sub>2</sub> emissions, reduce energy consumption associated with cement production and also contribute to reducing the environmental impact related to the disposal of waste. The ceramic sector has a percentage generation calcined ceramic waste which can reach up to 30% (by weight). Fragments of blocks, bricks and tiles, generated by breaking of these parts, both in the firing stage is in the transportation stage are treated as calcined ceramic waste in this study. In order to seek an alternative for recycling this material, the aim of this study is to present a literature review of studies on the application of ceramic waste calcined as pozzolan in partial replacement of Portland cement in mortars and concretes. The literature presents the best results when the cement replacement levels (by mass) by calcined ceramic waste in mortars and concretes is 20%.*

**Keywords:** Ceramic waste, pozzolan, Portland Cement.

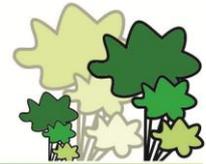
Realização



Apoio Acadêmico

ESCOLA  
Politécnica





## 1. INTRODUÇÃO

Devido ao exponencial crescimento populacional, o aumento da renda da população e a mudança de um padrão de consumo tradicional para um padrão de alto consumo, o mercado impulsiona o crescimento de todos os setores da economia. Com o aumento do consumo, todos os setores produtivos necessitam ampliar seus negócios e suas cargas produtivas. Aliada a essa alteração no padrão de consumo estão vinculadas duas grandes problemáticas. A primeira delas é a desenfreada exploração dos recursos naturais, que traz consigo a escassez de determinadas matérias-primas na atualidade, e provável exaustão das mesmas no futuro. A segunda problemática que acompanha do atual padrão de consumo é a geração de resíduos, que cada vez se torna mais frequente e em maior quantidade e diversidade.

Uma das grandes preocupações da atualidade é o destino das grandes quantidades de resíduos gerados, principalmente dos resíduos industriais (PINTO et al., 2014). Os principais problemas relacionados com a disposição de resíduos são: o comprometimento estético da paisagem, ocupação de espaço, custo do recolhimento-processamento e a degradação dos recursos naturais (MEDEIROS, et al., 2010). A Figura 1 apresenta um exemplo de disposição irregular de resíduo cerâmico calcinado.

Figura 1 - Depósito irregular de resíduos cerâmico calcinado da indústria de cerâmica vermelha na periferia do município de Monte Carmelo/MG.

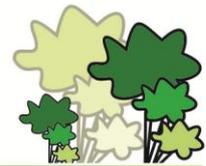


Fonte: Dias (2004, p.39)

Fazer uso de resíduos como agregado em concretos, ou na construção de bases de estradas confere ao resíduo baixo valor agregado, uma destinação final pouco nobre, e que não aproveita o potencial pozolânico e cimentício do material. Com controle de qualidade adequado, grandes quantidades de muitos coprodutos industriais podem ser incorporados aos concretos e argamassas em forma de cimento Portland composto ou adição mineral, agregando maior valor ao resíduo (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Materiais que em sua composição são ricos em sílica e/ou alumina reativas, e com uma granulometria fina, podem em geral ser utilizados como pozolanas em argamassas e concretos (PONTES et al., 2012).

Pesquisas têm sido desenvolvidas e intensificadas em relação à reciclagem e incorporação de resíduos em novos produtos ou componentes. O principal objetivo é encontrar alternativas para minimizar os problemas ambientais e econômicos causados pela disposição inadequada destes. Outro aspecto importante a ser considerado com a possibilidade de desenvolver novos produtos a



partir da incorporação de resíduos, é a possibilidade de na maioria das vezes ser possível diminuir o custo final do produto (MEDEIROS et al., 2010).

O setor da construção consome de 12 a 15 % do total de energia industrial consumida mundialmente. Essa indústria é uma das principais colaboradoras para o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), especialmente do CO<sub>2</sub>, oriundas da calcinação de matérias primas para a produção de cimento e da queima de combustíveis, que na maioria das vezes provêm de origem fóssil, necessários para manter as elevadas temperaturas dos fornos (ALI et al., 2011). A indústria do cimento contribui com cerca de 7% do total de emissões de CO<sub>2</sub> em todo o mundo (KUA; KAMATH, 2014).

Ali et al. (2011) afirmam que a redução na quantidade de clínquer no cimento pode ser considerada como uma das formas mais eficazes para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>. Relatam que a mistura de materiais aditivos para substituir o clínquer tem uma notável contribuição na redução das emissões de CO<sub>2</sub>. Uma adição de cerca de 10% de material suplementar ao cimento reduziria as emissões anuais de CO<sub>2</sub> de modo substancial.

O processo de calcinação do clínquer ocorre em elevadas temperaturas (1450°C) (MEHTA; MONTEIRO, 2008). Já muitos dos materiais suplementares são produzidos em temperaturas inferiores, a exemplo a indústria cerâmica gera uma argila calcinada a uma temperatura de aproximadamente 950°C (GONÇALVES, 2007).

Desta forma ao fazer uso de materiais suplementares, principalmente coprodutos na produção de materiais cimentícios é possível reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, (GONÇALVES, 2005; 2007; ALI et al., 2011), reduzir o consumo de energia associado à produção do cimento e ainda contribuir para a redução do impacto ambiental relacionado com a destinação final do resíduo. (GONÇALVES, 2005; 2007; MEHTA; MONTEIRO, 2008; LAVAT et al., 2009).

Um exemplo de material suplementar é a argila calcinada. No caso da indústria de cerâmica vermelha os resíduos de argila calcinada são fragmentos de blocos, tijolos, telhas e lajotas, gerados pela quebra dessas peças, seja na etapa da queima ou no transporte. Ou ainda, peças inteiras que não atenderam as especificações de qualidade (SALES; ALFERES FILHO, 2014). A Figura 2 apresenta um exemplo desse resíduo cerâmico calcinado.

Figura 2 - Resíduo cerâmico calcinado



Fonte: Registrada pelos autores



## 2. OBJETIVOS

O objetivo deste artigo é apresentar uma revisão de literatura sobre a viabilidade técnica e ambiental da aplicação do resíduo cerâmico calcinado proveniente da Indústria de Cerâmica Vermelha, como pozolana em substituição parcial ao cimento Portland em argamassas e concretos.

## 3. REVISÃO DA LITERATURA

### 3.1 Geração de resíduo cerâmico calcinado na indústria de Cerâmica Vermelha

As cerâmicas vermelhas são obtidas através do processo de sinterização de materiais inorgânicos, não metálicos, em elevadas temperaturas. A principal matéria-prima utilizada na produção de cerâmicas vermelhas é a argila. As cerâmicas são obtidas a partir de uma massa a base de argila, essa massa é submetida a um processo de secagem lenta com a finalidade de retirar grande parte da água presente no material, posteriormente é cozida em temperaturas elevadas (KAZMIERCZAK, 2010).

Além das características da argila, outros fatores são determinantes para as propriedades finais dos produtos cerâmicos e conseqüentemente dos resíduos cerâmicos gerados. Entre esses fatores, pode-se destacar a velocidade em que ocorre o acréscimo de temperatura, a temperatura máxima atingida durante o processo de queima, o tempo de manutenção dessa temperatura máxima, a velocidade de resfriamento após a queima, que deve ser lenta (período que varia de 8 a 24 horas geralmente) e a uniformidade da temperatura no forno (KAZMIERCZAK, 2010).

A indústria da cerâmica vermelha gera resíduos cerâmicos calcinados em quantidades que variam de acordo com os métodos de produção utilizados por cada empresa. (SALES; ALFERES FILHO, 2014). Porém os dados em relação a essas quantidades são muito divergentes. Tal informação pode ser comprovada observando a *Tabela 1*, que apresenta estudos e os respectivos percentuais de geração de resíduo cerâmico calcinado gerado pelo setor de cerâmica vermelha.

Tabela 1 - Relação de percentual de perdas das indústrias de cerâmica vermelha

Autor	Geração de resíduo cerâmico calcinado (%)
Dias (2004)	30
Vieira, Souza e Monteiro (2004)	10
Viera (2005)	10
Saboya (2000) apud Désir et.al (2005)	10
Gonçalves (2005)	30
Senthamarai e Monaharan (2005)	30
Sindicer/RS (2008)	15
EELA (2013)	20
Sales e Alferes Filho (2014)	1,6

O percentual mínimo de geração de resíduo cerâmico calcinado encontrado na literatura é 0,5% (VIEIRA et al., 2004) já o percentual máximo apresentado pode alcançar 30% (DIAS, 2004). Na Tabela 2 é possível observar os percentuais de geração de resíduo cerâmico calcinado em função do tipo de forno utilizado no processo produtivo.

Tabela 2 – Percentuais de geração de resíduo cerâmico em relação ao tipo de forno utilizado.

Tipo de Forno	Caieiras	Caipira	Abóbada redondo	Câmaras	Hoffmann	Cedan	Túnel
Autor	Dias (2004)			ELLA (2013)			

Realização



Apoio Acadêmico





% geração de resíduo cerâmico calcinado	30	10-20	~2	~2	~1	~1	<1
---	----	-------	----	----	----	----	----

~ aproximadamente

O setor cerâmico brasileiro apresenta precariedade em dados estatísticos, sendo os dados mais recentes referentes ao ano de 2008. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Cerâmica (ANICER), em 2008, a indústria de blocos e tijolos representava aproximadamente 63% da indústria cerâmica nacional, com um consumo de 93,6 milhões de toneladas de argila/ano. (ANICER, [2015]).

Para as grandes quantidades de argila consumida, percentuais de 1% de geração de resíduo cerâmico calcinado ainda representam um volume considerável de material a ser gerenciado, e medidas importantes são necessárias tanto da questão da melhoria da eficiência do processo quanto no gerenciamento do montante de resíduos gerados.

### 3.2 Caracterização do resíduo cerâmico calcinado

O resíduo cerâmico calcinado pode ser classificado como uma argila calcinada. De acordo com a NBR 12653 (ABNT, 2014) as argilas calcinadas são materiais provenientes da calcinação de certas argilas, que são submetidas a um processo de sinterização em temperatura, que em geral varia entre 500°C e 900°C, com atividade pozolânica. (ABNT, 2014).

Por si só, a argila não se apresenta como um material pozolânico, é necessário aplicar-lhe um tratamento térmico para que a estrutura cristalina dos argilominerais seja transformada em uma estrutura amorfa, desordenada e instável. (DAL MOLIN, 2011)

O tratamento térmico é essencial para potencializar as propriedades pozolânicas das argilas. Caso ele não ocorra, as argilas não apresentarão reatividade considerável com a cal, devido a não destruição das estruturas cristalinas dos minerais argilosos presentes. A atividade pozolânica de um material geralmente está atribuída à sua estrutura amorfa ou desordenada dos aluminossilicatos da argila. (MEHTA; MONTEIRO, 2008; LAVAT et al. 2009).

### 3.3 Potencial de uso do resíduo cerâmico calcinado como pozolana

A atividade pozolânica das argilas calcinadas é determinada por vários fatores, entre eles, o tipo e quantidade de minerais argilosos, a natureza e quantidade de impurezas, o tratamento térmico utilizado para a sua ativação e a superfície específica obtida após calcinação. (TIRONI et al., 2013)

O tipo de argila utilizada na fabricação das cerâmicas vermelhas é de extrema importância, uma vez que é este fator que define a composição química e mineralógica do resíduo cerâmico calcinado. Com relação ao processo produtivo, o método de produção das cerâmicas também exerce influência sobre as características do resíduo cerâmico. Fatores como a temperatura de calcinação, o tempo de residência e a uniformidade da temperatura no interior dos fornos podem afetar significativamente as características dos resíduos. Observa-se que a interação entre todas estas variáveis é o que determina o nível de atividade pozolânica do resíduo cerâmico calcinado gerado. (GONÇALVES, 2005).

A literatura apresenta diferentes alternativas para a reciclagem da argila calcinada, dentre as quais se destacam a incorporação na própria indústria cerâmica ou na indústria do cimento e do concreto.

Para fazer uso do resíduo cerâmico calcinado, tanto na indústria cerâmica como do cimento e concreto, o mesmo precisa sofrer um tratamento para adequação do resíduo à granulometria ideal para o uso proposto.

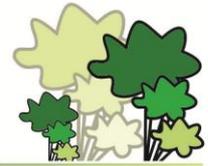
Realização



Apoio Acadêmico

ESCOLA  
Politécnica





Sebastiany (2014) realizou a moagem da argila calcinada em 3 etapas. Primeiramente realizou a cominuição do material manualmente com um martelo, posteriormente submeteu o material a duas etapas de moagem a primeira em um moinho de rolos com abertura de aproximadamente 3 mm e por fim, realizou a moagem de 3 kg de argila calcinada em um moinho de bolas, utilizando 5 kg de bolas de porcelana, pelo período de uma hora. Finalizada a etapa de moagem, o material foi submetido a um processo de peneiramento em peneira de abertura de malha de 45  $\mu\text{m}$  para verificar atendimento aos requisitos da NBR 12653 (ABNT, 2014) (material retido  $\leq 20\%$ ). Com o tratamento aplicado à argila calcinada Sebastiany (2014) conferiu ao material diâmetro médio de partícula de 21,53  $\mu\text{m}$ , 37,48  $\mu\text{m}$  e 38,04  $\mu\text{m}$  para argilas calcinadas a 700°C, 900°C e 1.000°C respectivamente.

Devido às suas características mineralógicas, os resíduos cerâmicos possuem potencial para serem utilizados como adições minerais ou em substituição parcial ao cimento Portland. (FASTOFSKI et al., 2014)

O concreto apresenta-se como uma alternativa para incorporar os resíduos da indústria cerâmica com benefícios ambientais, e o uso de argila calcinada como pozolana pode melhorar drasticamente a durabilidade de concretos (GONÇALVES, 2007). Barger et al. (2001) afirmam que a adição de argila calcinada pode promover alterações tanto na composição química do sistema do cimento hidratado, bem como alterações na microestrutura da pasta, fato que contribui para uma redução significativa da permeabilidade do concreto.

Vários estudos foram desenvolvidos ao longo dos últimos anos no intuito de avaliar qual o percentual de substituição da argila calcinada pelo cimento Portland atinge melhores resultados. (GONÇALVES, 2005; VIEIRA, 2005; TYDLITÁT et al., 2012; VEJMELKOVÁ et al., 2012; MEIRA et al. 2014; SEBASTIANY, 2014). Existindo entre os autores uma tendência em melhores resultados nos ensaios realizados no percentual de 20% de substituição do cimento Portland pela argila calcinada.

Gonçalves (2005) produziu argamassas com diferentes percentuais de substituição de cimento pelo resíduo cerâmico (10, 20, 30 e 40%). A atividade pozolânica do resíduo cerâmico foi avaliada através do método Fratini pela norma NBR 5753 (ABNT, 1991) e através do índice de atividade pozolânica com cimento NBR 5752 (ABNT, 1992). O autor conclui que o uso do resíduo cerâmico finamente moído atende às especificações de uma pozolana, e que é considerada uma pozolana de moderada-baixa atividade de acordo com a NBR 5752 (ABNT, 1992). A argamassa que apresentou o melhor desempenho foi a que possuía 20% de substituição. Os resultados indicaram que resistência à compressão não foi alterada significativamente em relação à argamassa referência, promoveu-se um maior refinamento da estrutura de poros. A penetração acelerada de íons cloretos foi reduzida em até 6 vezes, devido ao maior refinamento na estrutura de poros. De modo geral a incorporação de resíduo cerâmico contribuiu para a redução da absorção de água de todas as misturas. O autor afirma que o uso deste material como substituto parcial do cimento Portland para a produção de argamassas e concretos é tecnicamente viável.

Por outro lado, Sebastiany (2014) ao avaliar a pozolanicidade de resíduos cerâmicos produzido em laboratório pelo método da condutividade elétrica verificou que todas as argilas calcinadas (700°C, 900°C e 1000°C) foram classificadas como materiais de elevada atividade pozolânica. O autor menciona ainda que a cerâmica calcinada a 700°C apresentou maior atividade pozolânica em relação às demais cerâmicas vermelhas em todas as análises realizadas no seu estudo. De acordo com o autor as análises realizadas nos materiais provenientes dos três gradientes de temperatura (700°C, 900°C e 1000°C) mostram que a temperatura de calcinação é diretamente proporcional à formação de picos cristalinos e, portanto, quanto maior a temperatura de calcinação, mais cristalino se apresentou o material e conseqüentemente menos reativo.

Com relação à hidratação de pastas com substituição de cimento pelo resíduo cerâmico, Tydlitát et al. (2012) relatam que o calor de hidratação diminui significativamente com a

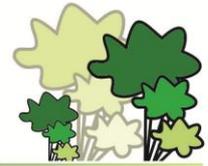
Realização



Apoio Acadêmico

ESCOLA  
Politécnica





substituição do cimento por esse tipo de resíduo, uma vez que o uso desse material retarda a hidratação do  $C_3S$ . Esses autores também concluem que as substituições estudadas têm efeito sobre a hidratação do cimento somente até o limite de substituição de 20%, e o percentual excedente atua essencialmente na forma de fíler.

Vejmelková et al. (2012) observaram que a resistência mecânica do material tende a aumentar até uma faixa máxima de substituição de 20%, e em seguida a resistência diminui consideravelmente.

Lavat et al. (2009) realizaram ensaios de resistência à compressão em amostras de argamassas com substituição (em massa) de 20%, 25%, 30%, 35% e 40% do cimento por argila calcinada. O potencial pozolânico do resíduo de cerâmica calcinada a uma temperatura de aproximadamente  $950^{\circ}C$ , e moída até atingir uma finura inferior a  $44 \mu m$  foi confirmado. Os autores concluíram que os resíduos de argila calcinada são adequados para a substituição parcial (em massa) de 20-30% de cimento, sem um efeito prejudicial sobre a resistência à compressão das argamassas.

Por outro lado, Vieira (2005) obteve como resultado uma redução de sua resistência à compressão simples em concretos formulados com substituição parcial do cimento por resíduo cerâmico nos teores de 20% e 40%, porém observa que esta redução não foi proporcional ao teor de substituição utilizado, tendo em vista que, amostras contendo 40% de substituição ainda retiveram 89% da resistência das amostras referência, em razão da satisfatória atividade pozolânica do resíduo além de seu efeito fíler.

Meira et al. (2014) também concluem que a adição de resíduo cerâmico ao concreto tende a reduzir a resistência mecânica do material. Porém, essa redução é minimizada ao longo do tempo com o avanço das reações pozolânicas. Os autores afirmam que a adição do resíduo contribui para a redução da velocidade de transporte dos íons cloreto, desta forma os valores dos teores críticos de cloretos livres e totais tendem a diminuir com a substituição de cimento por resíduo cerâmico em virtude da redução de alcalinidade dos concretos que incorporam esse tipo de resíduo.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria de cerâmica vermelha gera uma quantidade considerável de resíduos cerâmicos e apesar de estudos apontarem o potencial pozolânico desse material, verifica-se que a tendência de reutilização do material ainda é fazer uso deste na construção de bases de estradas.

Através dos estudos apresentados é possível observar que existe uma tendência do melhor desempenho em argamassas e concretos com substituição do cimento Portland pelo resíduo cerâmico calcinado finamente dividido quando o teor é de até 20% (em massa).

O resíduo cerâmico calcinado torna-se uma alternativa de material suplementar devido à alta demanda da indústria do cimento por materiais pozolânicos. Desta forma, é possível produzir artefatos cerâmicos de forma mais sustentáveis, contribuindo para a diminuição do passivo ambiental desses resíduos e ainda agregar sustentabilidade à cadeia de produção de argamassas e concretos.

A aplicação do resíduo cerâmico como pozolana, depende de vários fatores, que vão desde as características da argila, os métodos utilizados no processo produtivo dos artefatos de cerâmica vermelha, que influenciam diretamente as características dos resíduos gerados, e conseqüentemente afetam a qualidade da pozolana produzida, o tratamento aplicado ao resíduo até as características esperadas e exigências a serem atendidas pelas argamassas e concretos produzidos com o material. Todos esses fatores devem ser avaliados quando se pretende fazer uso do resíduo cerâmico como pozolana.

A literatura demonstra que existe uma viabilidade técnica e ambiental na utilização do resíduo cerâmico como pozolana, tendo o percentual de 20% de substituição do cimento Portland

Realização



Apoio Acadêmico

ESCOLA  
Politécnica





pela argila calcinada apresentado de forma geral os melhores resultados (GONÇALVES, 2005; VIEIRA, 2005, GONÇALVES, 2007, TYDLITÁT et al. 2012; VEJMEKOVÁ et al. 2012).

Por fim, a utilização do resíduo cerâmico como pozolana é uma alternativa de reciclagem desse resíduo, agregando-lhe valor comercial e representando um grande avanço para a eliminação dos passivos ambientais relacionados com a disposição final do material.

## REFERÊNCIAS

Ali, M.B.; Saidur, R.; Saidur, M.S.; Hossain, M.S. A review on emission analysis in cement industries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Junho 2011, Vol.15 (5), p.2252-2261.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12653:2014: materiais pozolânicos: requisitos. Rio de Janeiro, 2014. Norma eletrônica.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA (ANICER). Disponível em: <<http://portal.anicer.com.br>>. Acesso em: 31 mar. 2015.

BARGER, G. S.;HANSEN, E. R.; WOOD, M. R.; NEARY, T.; BEECH, D. J.;JAQUIER, D., Production and Use of Calcined Natural Pozzolans in Concrete. **Cement, Concrete, and Aggregates**, Vol. 23, No. 2, Dezembro 2001, pp. 73–80.

DAL MOLIN, D. C. C.. Adições minerais. In: ISAIA, G. C..Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), 1 ed., 2011. v. 1, cap. 8, p. 261-309.

DÉSIR J.M.; DIAS, D.P.;ROCHA, C.A.A.;DANTAS,D.F.. Avaliação da contribuição da atividade pozolânica do resíduo de tijolo moído na resistência de argamassas. In: CONFERÊNCIA INTERAMERICANA SOBRE MATERIAIS E TECNOLOGIAS NÃO-CONVENCIONAIS NA CONSTRUÇÃO ECOLÓGICA E SUSTENTÁVEL - IAC-NOCMAT, 2005, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: ABMTENC, 2005. Disponível em: <[http://www.researchgate.net/publication/262564995\\_Avaliao\\_da\\_Contribuio\\_da\\_Atividade\\_Pozolanica\\_do\\_Resduo\\_do\\_Tijolo\\_modo\\_na\\_Resistncia\\_de\\_Argamassas](http://www.researchgate.net/publication/262564995_Avaliao_da_Contribuio_da_Atividade_Pozolanica_do_Resduo_do_Tijolo_modo_na_Resistncia_de_Argamassas)>. Acesso em: 03 jan. 2015.

DIAS, J. F. **Avaliação de resíduos da fabricação de telhas cerâmicas para seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo**. 2004. f.268. Tese (Doutorado em Engenharia) - Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP), São Paulo, 2004.

EFICIENCIA ENERGÉTICA EM LADRILLERAS ARTESANALES (EELA). Programa de eficiência energética na indústria de cerâmica vermelha da América Latina visando mitigar a mudança climática. **Manual de eficiência energética na indústria de cerâmica vermelha**. Rio de Janeiro, abr. 2013. Material em PDF.

FASTOFSKI, Daniela Chiarello; SCHAFFER, Maurício; TELES, Roseane Dornelles; KULAKOWSKI, Marlova Piva; GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf; KAZMIERCZAK, Cláudio de Souza. Metodologia de caracterização de resíduo de cerâmica vermelha para emprego como material pozolânico em pasta de cimento. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 5, 2014. São Leopoldo. **Anais eletrônicos...** São Leopoldo, 2014. Disponível em: <[http://www.5firs.institutoventuri.org.br/conteudo/view?ID\\_CONTEUDO=191](http://www.5firs.institutoventuri.org.br/conteudo/view?ID_CONTEUDO=191)>. Acesso em: 15 jan 2015.

Realização



Apoio Acadêmico

ESCOLA  
Politécnica





GONÇALVES, Jardel Pereira. **Desenvolvimento e caracterização de concretos de baixo impacto ambiental e contendo argila calcinada e areia artificial**. 2005. 273 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. Utilização do resíduo da indústria cerâmica para produção de concretos. **REm: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, vol. 60, n. 4, p. 639-344, out.-dez. 2007

KAZMIERCZAK, C. S. Produtos de cerâmica vermelha. In: ISAIA, G. C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), 2010. v. 1, cap. 18, p. 565-588

KUA, Harn Wei; KAMATH, Susmita. An attributional and consequential life cycle assessment of substituting concrete with bricks. **Journal of Cleaner Production**, 15 outubro 2014, Vol.81, p.190-200.

LAVAT, A.E; TREZZA, M.A; POGGI, M. Characterization of ceramic roof tile wastes as pozzolanic admixture. **Waste Management**, Maio 2009, Vol.29(5), pp.1666-1674.

MEDEIROS, E. N. M de; SPOSTO, R. M.; NEVES, G. de A. e MENEZES, R. R. .Incorporação de cinza de lenha, lodo de estação de tratamento de água e cinza de casca de arroz em massa cerâmica: utilização da técnica de planejamento. **Cerâmica**. 2010, vol.56, n.340, pp. 399-404.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: IBRACON, 2008.

MEIRA, G. R.; FERREIRA, P. R. R.; JERÔNIMO, V. L.; CARNEIRO, A. M. P. C Comportamento de concreto armado com adição de resíduos de tijolo cerâmico moído frente à corrosão por cloretos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 33-52, out./dez. 2014.

PINTO, Rodrigo Lemos; MIRANDA, Giuliano Cãnedo M.; VELASCO, Reila Vargas; SILVOSO, Marcos Martinez. Análise comparativa de argamassas com incorporação de resíduos cerâmico e de rochas ornamentais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO – CBC2014, 56, 2014. Natal. **Anais eletrônicos...** Natal, 2014. Disponível em CD-ROM

PONTES, J.; SILVA, A. S.; FARIA, P. Contributos para a melhoria da durabilidade e sustentabilidade de argamassas e betões - avaliação da reatividade de pozolanas artificiais. In: **CONGRESSO CONSTRUÇÃO**, 4., 2012, Coimbra.

SALES, A. T. C.; ALFERES FILHO, R. dos S. Efeito do pó de resíduo cerâmico como adição ativa para o concreto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 113-125, jan./mar. 2014. Sindicato das Indústrias de Olaria e de Cerâmica para Construção no Estado do Rio Grande do Sul - SINDICER. **Diagnóstico da Indústria da Cerâmica Vermelha no Estado do Rio Grande do Sul**. Relatório de pesquisa. Porto Alegre, 2008. 60 p.

SEBASTIANY, Lucas Deivid. **Avaliação de métodos de determinação do potencial pozolânico de resíduos da indústria de cerâmica vermelha**. 2014. 143 f. Dissertação (Mestrado em

Realização



Apoio Acadêmico

ESCOLA  
Politécnica



lakis | Lab. do Ambiente Construído  
Inclusão e Sustentabilidade  
FMAU | CDS | PQA | UMB



Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). São Leopoldo, 2014.

SENTHAMARAI, R ; MANOHARAN, P.D..Concrete with ceramic waste aggregate. **Cement & Concrete Composites**, Out-Nov 2005, Vol.27 (9-10), p. 910-913.

TIRONI, Alejandra; TREZZA, Monica A; SCIAN, Alberto N.; IRASSAR, Edgardo F. Assessment of pozzolanic activity of different calcined clays. **Cement & Concrete Composites**. Argentina, n. 37, p. 319-327, 2013.

TYDLITÁT, V.; ZÁKOUTSKÝ, J. VOLFOVÁ, P.; ČERNÝ, R. Hydration heat development in blended cements containing fine-ground ceramics. **Thermochimica Acta**, v. 543, p. 125-129, 2012.

VEJMELKOVÁ, E.; KEPPERT, M.; ROVNANÍKOVÁ, P.; ONDRÁČEK, M.; KERŠNER, C.; ČERNÝ, R. Properties of high performance concrete containing fine-ground ceramics as supplementary cementitious material. **Cement & concrete composites**, v. 34, p. 55-61, 2012.

VIEIRA, C. M. F.; SOUZA, E. T. A.; MONTEIRO, S. N. Efeito da incorporação de chamote no processamento e microestrutura da cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v. 50, n. 315, p. 254-260, 2004.

VIEIRA, Andressa de Araújo Porto. **Estudo do aproveitamento de resíduos de cerâmica vermelha como substituição pozolânica em argamassas e concretos**. 2005. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, 2005.

Realização



Apoio Acadêmico

ESCOLA  
Politécnica



lakis | Lab. do Ambiente Construído  
Inclusão e Sustentabilidade  
FAU | CCS | FGA | UOB