

## ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DO POLIMENTO DE PORCELANATO (RPP) COMO ADIÇÃO POZOLÂNICA

**Daniela Evaniki Pedroso  
Denise Thölken  
Cleber Luis Pedroso  
Katherine Macedo Viana e Silva Medeiros**

### RESUMO

Na busca por soluções à problemática da destinação dos resíduos da indústria e por melhores práticas construtivas, que utilizem matérias-primas de origem sustentável, faz-se necessário o constante desenvolvimento e aprimoramento dos materiais utilizados, de forma que a utilização de insumos que antes teriam sua destinação como resíduo, venham a fazer parte de um novo processo produtivo. Nesta busca, porém, é necessário garantir a viabilidade técnica do uso de tais materiais, a fim de que a qualidade construtiva permaneça assegurada. Neste sentido, o presente artigo verificou a viabilidade técnica do uso do resíduo do polimento de porcelanato (RPP) de uma indústria de cerâmica da Região Metropolitana de Curitiba como adição pozolânica para uso em concretos e argamassas. O desenvolvimento deste trabalho se deu inicialmente pela coleta resíduo e em seguida pela sua caracterização química e física, de acordo com a NBR 12653 (ABNT, 2014). Como resultados, o RPP obteve em sua composição química somatório das quantidades de  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$  igual a 79,3% e perda ao fogo 7,79%, valores satisfatórios aos requisitos químicos exigidos pela norma; a resistência média à compressão simples em argamassas de cal hidratada com incorporação de RPP foi de 6,98MPa e o índice de desempenho de argamassas de cimento com incorporação de RPP foi de 94,28%, ambos os resultados atendeu os requisitos físicos exigidos pela norma. Com isso, pode-se concluir que o resíduo do polimento de porcelanato atende todas as especificações físico-químicas exigidas pela NBR 12653 (ABNT, 2014) classificando-se em material pozolânico classe N.

**Palavras-Chaves:** Construção Sustentável. Adições pozolânicas. Resíduo do polimento de porcelanato. Materiais de construção.

### ABSTRACT

In the search for solutions to the problem of the destination of industrial waste and for better construction practices, which use raw materials of sustainable origin, it is necessary to constantly develop and improve the materials used, so that the use of inputs that would have previously its destination as waste, become part of a new production process. In this search, however, it is necessary to guarantee the technical feasibility of using such materials, so that the constructive quality remains ensured. In this sense, this article verified the technical feasibility of using the porcelain polishing residue (RPP) from a ceramic industry in the Metropolitan Region of Curitiba as a pozzolanic addition for use in concrete and mortar. The development of this work took place initially by collecting waste and then by its chemical and physical characterization, according to NBR 12653 (ABNT, 2014). As a result, the RPP obtained in its chemical composition the sum of the amounts of  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$  and  $Al_2O_3$  equal to 79.3% and loss to fire 7.79%, values satisfactory to the chemical requirements required by the standard; the average resistance to simple compression in hydrated lime mortars with RPP incorporation was 6.98MPa and the performance index of cement mortars with RPP incorporation was 94.28%, both results met the physical requirements required by the standard. With that, it can be concluded that the porcelain polishing residue meets all the physical-chemical specifications required by NBR 12653 (ABNT, 2014) being classified in pozzolanic material class N.

**Keywords:** Sustainable Construction. Pozzolanic additions. Residue of porcelain polishing. Construction Materials.

## 1. INTRODUÇÃO

O gerenciamento de resíduos industriais é um grande desafio nos dias atuais, visto sua alta geração e destinação incorreta. Em contrapartida, a grande demanda por recursos naturais na construção civil criou uma oportunidade de se utilizar de resíduos industriais como matérias-primas, sendo uma das alternativas a utilização do resíduo do polimento de porcelanato (RPP) como adição pozolânica em concretos e argamassas.

O Brasil é um dos principais protagonistas no mercado mundial de revestimento cerâmico, anualmente são produzidos cerca de 610 mil m<sup>2</sup> de porcelanato (ANFACER, 2016). Sabe-se ainda que para produção de 1m<sup>2</sup> de porcelanato são gerados aproximadamente 100 g de resíduo (MATOS *et al.*, 2018).

A China é o maior produtor de cerâmica do mundo e, por esse motivo, gera uma enorme quantidade de RPP todos os anos. Em 2018, a produção anual de azulejos na China foi de 9,0 bilhões de m<sup>2</sup>, aproximadamente 60% da produção mundial total. Diante disto, lidar com a enorme quantidade de resíduos gerados se tornou uma questão ambiental crítica na China e também em outros países (DONG *et al.*, 2014). Neste sentido, se torna interessante a utilização do RPP como adição da pozolana em concretos e argamassas.

A adição da pozolana além de promover melhorias nas propriedades mecânicas do material também proporciona a redução de problemas ambientais associados ao uso de cimento Portland em concreto, que demanda grande quantidade de matéria-prima natural (argila e calcário) e libera grande quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera durante a sua produção (SAMPAIO, 2013).

Além disso a reação pozolânica é uma ação responsável pela diminuição do volume de vazios, pelo fortalecimento da microestrutura e refinamento dos poros, sendo estes os pontos-chaves da melhoria gerada em misturas cimentícias, sendo que, a adição de material pozolânico pode fazer com que haja a redução no calor de hidratação, fazendo com que o uso de adições minerais ofereça a possibilidade de reduzir o aumento da temperatura quase que em proporção direta à quantidade de cimento Portland substituído por adição, sendo considerado o calor de hidratação total produzido pelas reações pozolânicas como a metade do calor médio produzido pela hidratação do cimento Portland (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Ainda segundo Mehta e Monteiro (2008), as reações pozolânicas podem causar um refinamento dos poros que reduz a permeabilidade do concreto, tanto os estudos de campo



como os de laboratório mostram melhoria considerável na durabilidade química do concreto contendo estas adições.

As adições pozolânicas podem se classificar em naturais (de origem vulcânica ou sedimentar com atividade pozolânica) ou artificiais (resultantes de processos industriais - subprodutos tais como cinzas volantes, sílica ativa, cinza de casca de arroz e outros) todos com capacidade de reagir quimicamente na presença de umidade e em contato com o hidróxido de cálcio encontrado no cimento. As adições pozolânicas podem somar ou substituem parcialmente o cimento, com a finalidade de alterar as características de concretos e argamassas no estado fresco e/ou endurecido.

Propício dos fatores citados, o objetivo geral dessa pesquisa foi analisar a atividade pozolânica do resíduo do polimento de porcelanato com base em sua caracterização química e física, seguindo a normativa NBR 12653 (ABNT, 2014).

## **CONSTRUÇÃO CIVIL E SUSTENTABILIDADE**

Considerando os impactos ambientais associados à construção civil, torna-se necessário a adoção de práticas que minimizem ou mitiguem tais impactos, tanto no processo construtivo, quanto na escolha dos materiais utilizados no mesmo. Neste sentido, é importante compreender as definições de construção sustentável, bem como algumas práticas associadas à esta. A construção sustentável pode ser entendida como “o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre os ambientes natural e construído e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” (CECCHETTO, 2015).

Stein (2018), por sua vez, defende que a um dos desafios é conciliar a preservação ambiental e o desenvolvimento econômico, ambos garantidos pela Constituição Federal, indicando que isso pode ser feito por meio de projetos que privilegiem o manejo sustentável, com alternativas produtivas inovadoras, atendendo aos dois interesses.

Em se tratando das práticas sustentáveis, Corrêa (2009) apresenta dentre algumas das práticas recomendadas, o uso de matérias-primas que contribuam com a ecoeficiência do processo e a introdução de inovações tecnológicas sempre que possível e viável. Desta forma, a busca do desenvolvimento de novos materiais que possam ser utilizados na construção civil, que possuam uma origem ecologicamente amigável, trata-se de uma necessidade alinhada com as premissas da sustentabilidade na Construção civil.



Os processos na indústria da construção são, normalmente, associados a um elevado desperdício de materiais e, conseqüentemente, de dinheiro e de recursos naturais. Em contrapartida, este setor vem trabalhando na prevenção da poluição, mantendo ganhos econômicos e ambientais através da aplicação de técnicas de produção mais limpas.

Sobre os impactos ambientais da Indústria da Construção Civil, somente no Brasil, no ano de 2014, a produção do cimento superou os 71,2 milhões de toneladas, segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (SNIC, 2015). Além disso, de acordo com a agência Cement Sustainability Initiative (CSI), em uma parceria o World Business Council for Sustainable Development e empresas privadas de fabricação de cimento de diferentes países lançaram um relatório em 2009, mostrando que o Brasil gerava 600 kg de CO<sub>2</sub> para cada tonelada de cimento produzido (STEIN, 2016).

Em se tratando de estratégias para redução de CO<sub>2</sub> em indústrias cimentícias, uma das sugeridas é o uso de materiais alternativos, como combustíveis menos poluentes e subprodutos industriais, visando diminuir o consumo de matérias-primas e a diminuição da destinação de resíduos industriais para aterros (BENHELAL *et al.*, 2013).

Neste sentido, a utilização de materiais pozolânicos em substituição ou adição ao cimento, é uma alternativa que, ao mesmo tempo em que desenvolve novos materiais que possam aumentar em as propriedades de resistência mecânica e durabilidade, também é uma solução para a disposição de resíduos potencialmente poluidores ao meio ambiente, oriundos de processos industriais, gerando, dessa forma, ganho ambiental e econômico (STEIN, 2016).

## **MATERIAIS POZOLÂNICOS**

As pozolanas são adições minerais que possuem em sua composição materiais silicosos ou sílicoaluminosos, que reagem com o hidróxido de cálcio formado na hidratação do cimento, dando origem ao C-S-H secundário. A formação desse composto com propriedades ligantes, somada ao fato da adição pozolânica ser um material pulverulento, faz com que haja um melhor empacotamento na matriz hidratada pelo efeito filer, aumentando a resistência e reduzindo a permeabilidade do concreto (SIAD *et al.*, 2013).

As pozolanas podem ser de origem natural ou artificial, a NBR 12653 (ABNT, 2014) classifica as pozolanas naturais como sendo as de origem vulcânica, geralmente de caráter petrográfico ácido ou de origem sedimentar, com atividade pozolânica e as artificiais como sendo materiais provenientes de tratamento térmico ou subprodutos industriais, com atividade pozolânica.

A NBR 12653 (ABNT, 2014) determina ainda alguns requisitos químicos e físicos para que um material seja classificado como pozolana. Dentre as exigências químicas, recomenda-se o valor mínimo de 70% para a somatória dos teores de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , teor de  $\text{SO}_3$  máximo de 4% e perda ao fogo máxima de 10%. Como requisitos físicos, recomenda-se a execução do ensaio de resistência à compressão em de argamassas, segundo a NBR 5751 (ABNT, 2015), para verificação da atividade pozolânica com cal aos sete dias, devendo esta obter no mínimo 6MPa e segundo a NBR 5752 (ABNT, 2014), para análise do índice de atividade pozolânica com cimento, aos 28 dias, devendo obter no mínimo de 90% em relação a argamassa de controle.

Diferentes pesquisas estão sendo realizadas com o objetivo de encontrar novos materiais que possam ser utilizados como adições pozolânicas, entre elas se destaca o resíduo do polimento de porcelanato (RPP).

Breitenbach *et al.*, (2017) avaliaram o efeito da adição de RPP em argamassas de restauro à base de cal, substituindo o agregado miúdo por RPP em proporções entre 0 e 30%. Como resultados foi verificado que argamassas com substituição de RPP entre 10 e 20% apresentaram melhor conjunto de propriedades no estado endurecido, com ganho em retração livre, maior resistência mecânica e aderência.

Li *et al.*, (2020) analisaram a reutilização da RPP como material com características cimentícias em substituição parcial e suplementar ao cimento Portland em traços de argamassa e concreto com objetivo de investigar seu efeito sobre a resistência a compressão e a durabilidade realizando ensaio de permeabilidade ao cloreto em uma série de misturas contendo diferentes proporções. Para os ensaios realizados de resistência à compressão verificou-se que a adição de RPP em até 20% em massa aos 28 dias, contribuiu para melhorar significativamente a resistência à compressão e à resistência ao cloreto, ao mesmo tempo, além disso os autores constataram uma possível redução na disposição de resíduos em áreas de aterros industriais, bem como a redução no consumo de cimento, colaborando para a diminuição da emissão de  $\text{CO}_2$ .

O RPP também foi adicionado em substituição parcial do agregado miúdo natural em concretos e constatou-se que concretos contendo até 30% de substituição de RPP obtiveram resistência e durabilidade semelhantes ou superiores, em comparação com concretos com 100% de agregado miúdo natural (GONZALEZ e ETXEBERRIA, 2014).

Outras pesquisas foram realizadas utilizando o RPP em um novo material de isolamento para construção civil, para isto o resíduo utilizado foi sintetizado na faixa de temperatura de

1010°C a 1200°C. Resultados indicaram que a presente amostra possui baixa densidade e boa dissipação de calor (JI et al., 2015).

Lima (2015) estudou os efeitos do fenômeno de empacotamento de agregados e da adição de RPP em concreto convencional e auto adensável frente à corrosão de armaduras provocada pela ação dos íons de cloreto. Foram executados concretos convencionais com adições de RPP com 0%, 10% e 20% e concreto auto adensável com adição de RPP de 40%. A pesquisa demonstrou que o RPP apresentou propriedades pozolânicas, além disso a incorporação do pelo método de empacotamento de agregados fez com que os concretos obtivessem menores índices de vazios e absorção.

Santana *et al.*, (2016) estudaram sobre a adição do RPP em blocos cerâmicos. Foram produzidos corpos de prova com adições de 10% e 20% em massa e a sinterização foi realizada em temperaturas de 850°C, 950°C e 1100°C, com taxa de aquecimento de 2°C/mim e patamar de 60min. Os resultados mostram que a adição dos resíduos do polimento de porcelanato influenciou nas propriedades tecnológicas dos blocos cerâmicos.

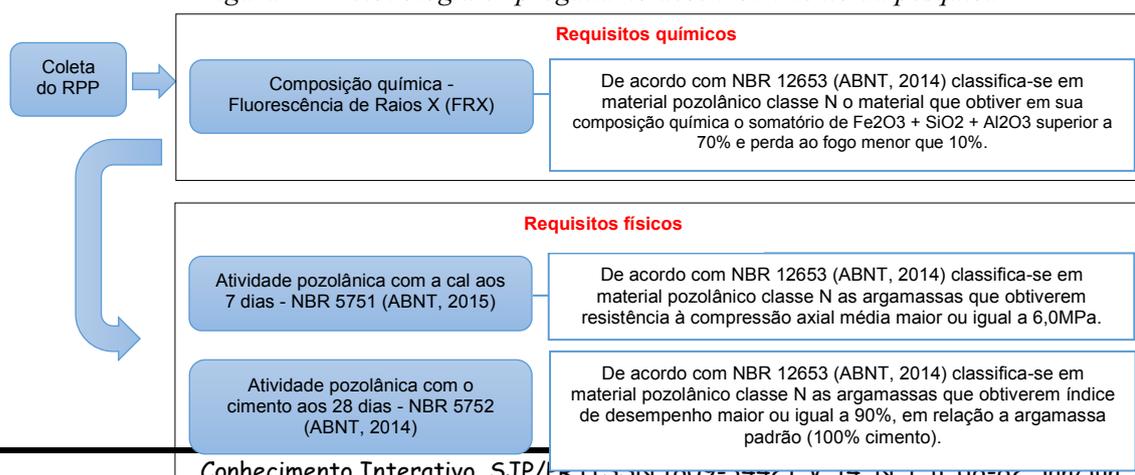
Concluindo então que a adição de RPP em concretos pode ser uma alternativa sustentável de destinação do resíduo e, ainda, pode se mostrar um grande aliado no aumento da vida útil das estruturas de concreto armada sujeitas à corrosão de armaduras.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios físicos realizados nessa pesquisa foram executados no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Tuiuti do Paraná e no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Teológica federal do Paraná e os ensaios químicos no Laboratório de Análise de Minerais e Rochas da Universidade Federal do Paraná.

Na Figura 1, é possível observar a metodologia empregada na presente pesquisa.

*Figura 1 - Metodologia empregada no desenvolvimento da pesquisa*



Fonte: Autoria própria (2020)

A coleta do RPP foi realizada em uma indústria cerâmica. Após coleta, o material foi seco em estufa à uma temperatura de 100°C por aproximadamente 24 horas. Em seguida, foi realizado o destorroamento manual com auxílio de uma almofariz e pistilo de porcelana, com a finalidade de diminuir o tamanho de seus grumos. Por fim, o material foi peneirado, utilizando-se apenas o material retido na peneira #0,15mm.

Na Figura 2 é possível observar o RPP beneficiado para utilização nas argamassas.

*Figura 2 - RPP retido na peneira #0,15mm*



Fonte: Autoria própria (2020)

O primeiro ensaio realizado foi a análise química pelo método de Fluorescência de Raios X (FRX) e através do resultado desse ensaio pode-se classificar quimicamente o resíduo analisado como material pozolânico ou não. Caso o material seja classificado como pozolânico, passa-se a analisar o material fisicamente quanto sua atividade pozolânica, seguindo os requisitos da NBR 5751 (ABNT, 2015) atividade pozolânica com a cal aos 7 dias e NBR 5752 (ABNT, 2014) atividade pozolânica com o cimento aos 28 dias. Caso o material em análise atenda aos requisitos químicos e físicos já citados, este é classificado como material pozolânico.

Para a determinação da atividade pozolânica do RPP com a cal aos 7 dias foi utilizado os procedimentos indicados na NBR 5751 (ABNT, 2015). Foram moldados três corpos de prova cilíndricos de 50mm x e 100mm (diâmetro x altura), utilizando, em massa, 104g de

hidróxido de cálcio, 310,4g de RPP, 936g de agregado miúdo natural e 200g de água. A argamassa foi preparada em argamassadeira mecânica, seguindo as especificações da NBR7215 (ABNT, 2019). Primeiramente foi colocado na cuba toda a quantidade de água e adicionando o hidróxido de cálcio e o RPP e misturado esses materiais em velocidade baixa, durante 30s, após este tempo, e sem paralisar a operação de mistura, iniciou-se a colocação do agregado miúdo natural, com o cuidado de que todo o material fosse colocado gradualmente durante o tempo de 30s, imediatamente após o término da colocação do agregado miúdo natural, mudou-se para a velocidade alta, misturando-se os materiais nesta velocidade por mais 30s. Após este tempo, desligou-se a argamassadeira durante 1 min e 30s, nos primeiros 30s retirou-se a argamassa que ficou aderida às paredes da cuba e que não foi suficientemente misturada, com o auxílio de uma espátula metálica, durante o tempo de 60s, a argamassa ficou em repouso na cuba, coberta com pano limpo e úmido. Por fim, ligou-se o misturador na velocidade alta, por mais 60s.

Na Figura 3 é possível observar a argamassadeira utilizada no processo.

*Figura 3 - Argamassadeira mecânica utilizada para execução das argamassas*



Fonte: Autoria própria (2020)

Após a argamassa pronta, foi realizado o ensaio para determinação do índice de consistência, regulado pela NBR7215 (ABNT, 2019). Inicialmente, o molde troncônico foi centralizado sobre a mesa e preenchido com 3 camadas de alturas iguais, com respectivamente, 15, 10 e 5 golpes. Em seguida foi realizado o rasamento do topo e a retirada do molde, por fim foi acionado manualmente a manivela 30 vezes (subida e descida) em 30 s. Realizou-se 3 medições do espalhamento com paquímetro em pontos distribuídos ao longo do diâmetro,

sendo o índice de espalhamento à média das três medições. A NBR 5751 (ABNT, 2015) recomenda um índice de consistência de  $225 \pm 5$  mm, que pode ser contemplado na Figura 4:

*Figura 4 - Índice de consistência medido na argamassa com RPP*



Fonte: Autoria própria (2020)

Após a confecção da argamassa, foram moldados três corpos de prova de 5x10cm (diâmetro x altura). Primeiramente foi passado um desmoldante nos moldes cilíndricos, com a finalidade de facilitar o desmolde no final do processo. A colocação da argamassa nas fôrmas cilíndricas foi realizada com o auxílio de uma espátula, em quatro camadas de alturas aproximadamente iguais, com cada camada recebendo 30 golpes uniformes e homogeneamente distribuídos com o soquete normal. Em seguida os corpos de prova foram rasados e identificados. A cura dos corpos de prova foi realizada por 7 dias, conforme orientação da NBR 5751 (ABNT, 2015), sendo as primeiras 24 horas em ambiente à temperatura de 23°C e as próximas 144 horas em temperatura de 55°C. Para garantir a temperatura de 50°C os corpos de prova foram mantidos dentro dos moldes em uma estufa, conforme pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 - Cura dos corpos de prova à temperatura de 55°C por 6 dias



Fonte: Autoria própria (2020)

Por fim foi realizado o ensaio de resistência à compressão axial dos corpos de prova com velocidade de carregamento de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s.

Conforme requisitos físicos da NBR 12653 (ABNT, 2014) classifica-se em material pozolânico classe N as argamassas que obtiverem resistência à compressão axial média maior ou igual a 6,0MPa.

Para a determinação do índice de desempenho pozolânico do RPP com cimento Portland aos 28 dias foi utilizado os procedimentos recomendados pela NBR 5752 (ABNT, 2014). Foram executados dois traços de argamassas utilizando os mesmos processos já indicados pela NBR 7215 (ABNT, 2019) no item anterior, sendo o primeiro traço uma argamassa de referência com 100% de cimento (624g de cimento, 1872g de agregado miúdo e 300g de água) e um segundo traço com substituição de 25% de RPP sob a quantidade de cimento (468g de cimento, 156g de RPP, 1872g de agregado miúdo e 300g de água). Para as duas argamassas realizou-se o ensaio de índice de consistência e moldou-se corpos de prova para verificação da resistência à compressão axial.

Os corpos de prova, ainda nos moldes, foram colocados em câmara úmida, onde permaneceram por 24 h. Após esse período inicial de cura, os corpos de prova foram desmoldados e imerso em água saturada de cal, onde permaneceram até o momento da ruptura.

O ensaio de resistência à compressão axial nos corpos de prova foi realizado aos 28 dias de cura e utilizou-se a velocidade de carregamento de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s.

Na Figura 6 é possível observar o rompimento de um corpo de prova.

Figura 6 – Rompimento de um corpo de prova de cimento com incorporação de RPP



Fonte: Autoria própria (2020)

Conforme requisitos físicos da NBR 12653 (ABNT, 2014) classifica-se em material pozolânico classe N as argamassas que obtiverem índice de desempenho maior ou igual a 90%.

## RESULTADOS

A composição química do RPP, realizada através do método de FRX, é apresentada na Tabela 1:

Tabela 1 - Composição química do RPP por Fluorescência de Raios X

Elementos	Teor de elementos em % de peso
SiO <sub>2</sub>	57,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,70
CaO	4,50
Na <sub>2</sub> O	1,90
ZrO <sub>2</sub>	1,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,50
K <sub>2</sub> O	1,50
ZnO	1,40
MgO	0,70
TiO <sub>2</sub>	0,60



### **DOSSIE: inovação e sustentabilidade**

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,10
SrO	0,10
BaO	0,10
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,1
SO <sub>3</sub>	<0,1
MnO	<0,1
Rb <sub>2</sub> O	<0,1
P.F	7,79

Fonte: Autoria própria (2020)

Observa-se pelos resultados que a amostra é constituída quase em sua totalidade por dióxido de silício (57,10%) e óxido de alumínio (20,70%). A amostra pesquisada de RPP atende as condições da NBR 12653 (ABNT, 2014) quanto as exigências químicas para materiais pozolânicos, visto que o somatório das quantidades de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> foi de 79,3%, valor superior ao exigido pela norma, 70%. A perda ao fogo da amostra de RPP foi de 7,79%, resultado que também atende a norma, visto que o valor máximo exigido deve ser de 10%, desta maneira, o RPP atendeu os requisitos químicos quanto à material pozolânico da NBR 12653 (ABNT, 2014).

Na sequência, realizou-se os ensaios de caracterização física, sendo eles: atividade pozolânica com a cal aos 7 dias segundo a NBR 5751 (ABNT, 2015) e atividade pozolânica com o cimento aos 28 dias segundo a NBR 5752 (ABNT, 2014). O ensaio para determinação do índice de atividade pozolânica é uma maneira direta de aferir o grau de pozolanicidade através da determinação da resistência à compressão simples em argamassas de cal hidratada e de cimento.

Na Tabela 2 observa-se os resultados obtidos para as argamassas confeccionadas de cal hidratada com incorporação de RPP:

<i>Tabela 2 - Atividade pozolânica de argamassas de cal com incorporação do RPP aos 7 dias</i>	
Resistência média à compressão axial (MPa)	6,98

Fonte: Autoria própria (2020)



## **DOSSIE: inovação e sustentabilidade**

Segundo a NBR 12653 (ABNT, 2014), a resistência à compressão axial dos corpos de prova deve ser, no mínimo, 6,0 MPa aos 7 dias de cura, o que foi atingido pelo ensaio realizado. Isso indica que o RPP pode ser classificado como um material pozolânico.

Na Tabela 3 é possível observar os resultados obtidos para as argamassas confeccionadas apenas com cimento e cimento com incorporação de RPP:

*Tabela 3 - Atividade pozolânica de argamassas de cimento com incorporação do RPP aos 28 dias*

Resistência média à compressão axial - 100%cimento (MPa)	7,69
Resistência média à compressão axial - 75%cimento e 25% RPP (MPa)	7,25

*Fonte: Autoria própria (2020)*

A NBR 12653 (ABNT, 2014), especifica que o índice de desempenho das argamassas seja maior ou igual à 90%, o que foi atingido pelo ensaio realizado. O índice de desempenho das argamassas obtido foi de 94,28% o que assinala que o RPP pode ser considerado como um material pozolânico.

## **CONCLUSÃO**

Através do presente estudo foi possível observar que o resíduo do polimento de porcelanato atende todas as especificações físico-químicas exigidas pela NBR 12653 (ABNT, 2014), classificando-se em material pozolânico classe N.

O RPP obteve em sua composição química somatório das quantidades de  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$  igual a 79,3% e perda ao fogo 7,79%, valores satisfatórios aos requisitos químicos exigidos pela norma; a resistência média à compressão simples em argamassas de cal hidratada com incorporação de RPP foi de 6,98MPa e o índice de desempenho de argamassas de cimento com incorporação de RPP foi de 94,28%, ambos os resultados atendeu os requisitos físicos exigidos pela norma.

Com a utilização do RPP como um material pozolânico para concretos e argamassas, pode-se haver não só um ganho econômico pela substituição do cimento Portland, mas também há um ganho ao meio ambiente, visto que pode haver diminuição na emissão de gases de efeito estufa e redução de locais com descarte irregular.



À Universidade Tuiuti do Paraná por disponibilizar os laboratórios do curso de Engenharia Civil para a realização dos ensaios e seu apoio e incentivo à pesquisa. Também agradecemos o incentivo por parte dos professores da Universidade Teológica Federal do Paraná e da Universidade Federal do Paraná no desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5751: Materiais pozolânicos - Determinação da atividade pozolânica com cal aos sete dias. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. NBR 5752: Materiais pozolânicos - Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. NBR 12653: Materiais pozolânicos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

ANFACER - Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres. Disponível em: <<https://www.anfacer.org.br/>>. Acesso em: 15 mar. 2020.

BENHELAL E.; ZAHEDI G.; SHAMSAEI E.; BAHADORI A. Global strategies and potentials to curb CO<sub>2</sub> emissions in cement industry, *Journal of Cleaner Production*. v.51, p. 142 - 161, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.049>> Acesso em: 12. jan. 2020.

BREITENBACH, S. B.; SANTOS, O. C.; ANDRADE, J. C. S.; NASCIMENTO, R. M.; MARTINELLI A. E. Adição de resíduo do polimento de porcelanato em argamassas de restauro à base de cal, *Revista Cerâmica*. v. 63, p. 395 - 401, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132017633672182>>. Acesso em: 18. abr. 2020.

CECCHETTO, C. T. Habitação De Interesse Social: Alternativas Sustentáveis. *Revista Gestão E Desenvolvimento Em Contexto - Gedecon*, v.3, N°. 02. 2015.

CORRÊA, L. R. Sustentabilidade na construção civil. 2009. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

DONG, Y.; SUN, Z.; SUN, G.; XIE, H. Comprehensive utilization of waste porcelain powder in building materials industry, *Coal Ash*. v. 5, p. 13 -16, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1517-707620190002.0665>>. Acesso em: 12. jan. 2020.

GONZALEZ, C. A.; ETXEBERRIA, M. Properties of high performance concrete made with recycled fine ceramic and coarse mixed aggregates, *Constr. Build. Mater*. v. 68, p. 618–626, 2014. Acesso em: 18. mar. 2020.

JI, R.; ZHANG, Z.; HE, Y.; LIU, L.; WANG, X. Synthesis, characterization and modeling of new building insulation material using ceramic polishing waste residue - *Construction and Building Materials*. V. 85, p. 119 -126, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.089>>. Acesso em: 12. jan. 2020.



LIMA, E. P. Concreto auto adensável produzido com resíduo de polimento do porcelanato – Comportamento em relação à corrosão de armaduras. 2015. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

LI, L. G.; ZHUOB, Z. Y.; KWANC, A. K. H.; ZHANGD, T. S.; LUE, D. G. Cementing efficiency factors of ceramic polishing residue in compressive strength and chloride resistance of mortar - Powder Technology. v.367, p. 163 - 171, 2020. Acesso em: 12. jan. 2020.

MATOS, P. R.; OLIVEIRA, A. L.; PELISSER, F.; PRUDÊNCIO, L. R. Rheological behavior of Portland cement pastes and self-compacting concretes containing porcelain polishing residue, Constr. Build. Mater. v.175, p. 508 - 518, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.212>>. Acesso em: 12. jan. 2020.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 3ª Edição em Inglês. 1ª Edição em Português. Editora IBRACON. São Paulo, 2008.

SAMPAIO, Z. L. M. Análise do comportamento mecânico de concretos produzidos com incorporação de cinza do bagaço da cana-de-açúcar de variedades SP911049, RB92579 e SP816949. 2013. 150 f. Dissertação (Mestrado em mecânica das estruturas, estruturas de concreto e alvenaria e materiais e processos construtivos) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SANTANA, G.L.; BARBOSA NETO, M.C.; CAMPOS, L.F.A.; MACEDO, D.A.; DUTRA, R.P.S. Efeito da adição do resíduo de polimento de porcelanato nas propriedades de blocos cerâmicos. 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Natal, RN, 2016.

SIAD, H.; KAMALI-BERNARD, S.; MESBAH, H.A.; ESCADEILLAS, G.; MOULI, M.; KHELAFI, H. Characterization of the degradation of self-compacting concretes in sodium sulfate environment: Influence of different mineral admixtures. Construction and Building Materials. v. 47, p. 1188 - 1200, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.05.086>> Acesso em: 12. jan. 2020.

SNIC - Sindicato nacional da indústria do cimento. 2015. Relatório anual, 2015.

STEIN, Ronei Tiago. Características de pastas de cimento Portland com adição de cinza de lodo de ETA. 2016.

STEIN, Tiago, R. Meio ambiente. 2018. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595025738/>>. Acesso em: 03 mar. 2020.



## ***DOSSIE: inovação e sustentabilidade***

---

Doutora em Engenharia Civil pela UTFPR e Professora da Universidade Tuiuti do Paraná  
daniela.pedroso@utp.br

**Cleber Luis Pedroso**  
Doutor em Engenharia Civil pela UTFPR  
cleber.ped@gmail.com

**Katherine Macedo Viana e Silva Medeiros**  
Graduanda de Engenharia Ambiental e Sanitarista pela Universidade Tuiuti do Paraná  
katherine-medeiros@outlook.com

**Denise Thölken**  
Doutora em Engenharia Civil pela PUCPR e Professora da Universidade Tuiuti do Paraná  
denise.tholken@utp.br

Recebido em 22/04/2020.  
Aprovado em 10/05/2020.