



EFEITOS DA ADIÇÃO DA CINZA DE OLARIA (CZO) NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO NÃO ESTRUTURAL

Natallyane Trindade da Costa (*), Ronald Fonseca da Silva, Raiane Nunes da Silva, Jozilene de Souza, Veruska Kelly Gomes Rocha Avelino

* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – Campus São Gonçalo do Amarante e natallyanecosta23@gmail.com

RESUMO

O município de São Gonçalo do Amarante/RN/Brasil se destaca no setor oleiro, na fabricação de tijolos e telhas. No entanto, na produção desses materiais, utiliza-se madeira de cajueiro para queima, originando a cinza de olaria, descartada, por vezes, no meio ambiente. Neste contexto, busca-se soluções alternativas em processos de produção que façam diferença, seja no preço, na qualidade do produto ou na sustentabilidade ambiental. Com isso, há a necessidade não somente de inovação, como de aproveitamento de alguns resíduos gerados, dando novas alternativas para esses materiais, potencialmente prejudiciais ao meio ambiente, como as cinzas de olarias. Diante da problemática, essa pesquisa tem como objetivo analisar o comportamento do concreto com adição de cinza de olarias, matéria prima abundante no município, visando avaliar a influência em suas propriedades mecânicas. Constatou-se que as cinzas de olaria não têm atividade pozzolânica. Porém, atuam como filler, preenchendo os vazios e incrementando a resistência à compressão simples, trazendo benefícios ambientais com a reciclagem deste material.

PALAVRAS-CHAVE: Cinzas de Olaria, Concreto, Resistência Mecânica, Sustentabilidade

ABSTRACT

The region of the municipality of São Gonçalo do Amarante / RN stands out in the potter sector, in brick making, tiles and tiles, however, in the production and burning of these materials, cashew wood is used, originated from pottery ash, discarded, sometimes in the environment. Thus, more and more production processes are being sought to make a difference, researching new materials, new technologies, waste insertion, mainly in the focus area which is the civil construction. Therewith, there is a need not only for innovation, as well as harnessing some waste used, giving new paths and options to materials generated in local ceramics, potentially harmful to the environment. Faced with the problem, This research aims to analyze the behavior of concrete with addition of pottery ash, abundant raw material in the municipality of São Gonçalo do Amarante / RN / Brazil, aiming evaluate the influence on their mechanical properties, as mechanical resistance. It was found pottery ashes were found to have no pozzolanic activity, however act as filler, filling voids and increasing simple compressive strength and bringing environmental benefits from recycling this material.

KEY WORDS: Ashes of Pottery, Concrete, Mechanical Resistance, Sustainability.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a construção civil modifica direta e indiretamente o meio ambiente, desde a extração da matéria prima até o produto final. Neste contexto, destaca-se que a construção civil é responsável por um grande consumo de recursos naturais. Dessa forma, não pode fluir em conjunto com o meio ambiente, sem gerar impactos ambientais. Logo, o estudo de resíduos, passivos ambientais, que podem ser inseridos na cadeia de produção de novos materiais traz uma alternativa para os dois setores.

A batalha para preservar o meio ambiente segue sem soluções totalmente eficientes. Com relação aos resíduos de construção e demolições (RCDs), “estima-se que o Brasil desperdiça cerca de R\$8 bilhões/ano por não reciclar esses resíduos, desperdiçando, aproximadamente, 60% de matéria prima, os quais são responsáveis por um grande volume de lixo sólido urbano (ABRECON, 2011, p.1).

Observa-se que no entorno da cidade de São Gonçalo do Amarante/RN/Brasil, existem 11 empresas que trabalham produzindo peças cerâmicas, tais como: tijolos, telhas e lajotas. Na confecção dessas peças, tem-se resíduos que provém da queima da madeira, produzindo assim a cinza, denominada cinza de olaria.

Em virtude do descarte inadequado, esses resíduos geram impactos ambientais de grandes proporções, pondo em risco a vegetação e a população que reside próximo ao local onde essas empresas se localizam. Diante do exposto, esta pesquisa se propõe a analisar o reaproveitamento desse material, inserindo-o em produtos para a construção civil, como concreto, gerando diminuição de gastos com matérias primas, possibilitando uma alternativa viável para o problema ambiental.



FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Tratando-se da cinza de olaria, resíduo objeto de estudo desta pesquisa, a mesma é resultante da queima da madeira, no processo de fabricação dos materiais cerâmicos (tijolos e telhas), eliminados, por vezes, no meio ambiente, por ainda não ter uma alternativa adequada para este material.

Em relação ao dano ambiental, Silva (2017, p. 31) ressalta que “A cinza gerada é um resíduo sólido que oferece risco de contaminação ao solo, aos cursos de água, ao ar pela parte dispersa na atmosfera, além de riscos à saúde humana, devido a sua toxicidade”.

Devido a produção das cerâmicas nas olarias, grande parte das cinzas são descartadas de forma inadequada prejudicando o meio ambiente, poluindo o solo e os cursos de água. A cinza gerada é classificada como resíduo industrial, pelo fato de sua origem, sendo resultado do processo realizado em prol da fabricação da cerâmica vermelha. Também considerada não perigosa pelo seu grau de dano ao seu redor e por não ser tóxica. Sendo assim, classifica-se, de acordo com a norma da ABNT 10004/2004, como resíduos - classe II - não perigosos, parte B – inertes. Onde destaca-se:

Quaisquer resíduos que, quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor (ABNT 2004).

Os danos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado da cinza de olaria podem afetar a natureza, o solo, os recursos hídricos, além de causar vários problemas de saúde à população do entorno das olarias. “A produção de materiais de construção, como qualquer outra atividade industrial, causa perturbações que alteram as características naturais do meio ambiente, trazendo como consequência riscos à saúde, segurança e bem-estar da população”. (GRIGOLETTI, 2001, p.33).

O setor oleiro se destaca na produção de matéria-prima, como a argila, a produção de tijolos, cerâmicas e afins. “Essas cinzas provenientes da queima dos materiais em olarias, quando descartadas em grande quantidade em valas abertas dentro do próprio terreno, geram a poluição atmosférica”. (MELO, 2012, p.03).

As cinzas de olarias ao serem descartadas têm o grande potencial tóxico e poluidor. Além de causar impactos ao meio ambiente, há também o impacto indiretamente a saúde humana, causando doenças e riscos biológicos aos trabalhadores nesse ramo e à população local. Segundo (PRADO FILHO, 2014) “A fumaça que é liberada na atmosfera diante da queima de dejetos de tijolos, acaba comprometendo o ar dos moradores ao entorno.” A fumaça inalada muitas vezes é composta por elementos prejudiciais à saúde.

Visto que uma das principais doenças causadas pelo acúmulo de poeira nos pulmões é a Pneumoconiose resultante da inalação de pó mineral. Tendo diferentes denominações, uma delas é a silicose decorrente da inalação do pó de sílica encontrado na argila utilizada da fabricação de cerâmica, nas olarias, construção civil e outras atividades. “A intoxicação pela sílica pode provocar dificuldades respiratórias, entre outros sintomas”. (MORSCH, 2015).

Além da população local, os empregadores do setor oleiro e cerâmicas são os mais afetados por estarem expostos diariamente com essas cinzas. De acordo com (SOUZA; QUELHAS, 2003 p.02) “O maior número de casos já encontrados no Brasil de silicose é proveniente da mineração subterrânea de ouro em Minas Gerais, onde havia cerca de quatro mil casos diagnosticados até 1992. Logo a seguir vem a indústria cerâmica”.

Em inspeções realizadas nos anos de 2013 e 2014, em duas olarias e duas cerâmicas no município de Botucatu em São Paulo, trabalhadores apresentaram problemas respiratórios causados pela inalação e exposição a Fumaça do processo de queima, inalação da poeira de argila, irritação nos olhos, entre outros. (Centro de vigilância sanitária, 2014).

OBJETIVOS

Esta pesquisa teve como objetivo geral verificar os efeitos da cinza de olaria nas propriedades do concreto não-estrutural. Como objetivos específicos foram: Quantificar o volume de cinzas gerado nas olarias; Analisar a forma que este resíduo impacta o meio ambiente; Verificar o Índice de Atividade Pozolânica (IAP) da cinza de olaria; Caracterizar a cinza de olaria através do índice de finura, microscopia eletrônica de varredura (MEV), difratograma de raios X (DRX), granulometria a laser e EDS; Estudar se a inserção desses resíduos em traços de concreto melhora suas propriedades; Averiguar as propriedades do concreto com incorporação de cinzas no estado fresco e endurecido.

METODOLOGIA

Os materiais usados na pesquisa foram:

- Cimento Portland (CP II F 32);
- Agregado miúdo;
- Agregado graúdo;
- Cinzas de olarias (CzO);
- Água;

- f) Moldes cilíndricos 10 x 20 cm;
- g) Betoneira e equipamento do Slump test.

Esta pesquisa encontra-se **não** finalizada e teve procedimento experimental, sendo conduzida nas seguintes etapas:

- **Revisão do estado da arte:** leitura de artigos, dissertações, teses e trabalhos afins já realizados com o resíduo.

Nesse contexto, vale ressaltar que essa revisão do estado da arte apesar de fazer parte do início teve uma contribuição muito importante para o trabalho. É extremamente importante esse passo para que seja compreendida a relação do material, nesse caso a cinza de Olaria, com o meio ambiente, as propriedades o seu comportamento e os benefícios que o mesmo pode trazer quando usado da maneira correta em compósitos cimentícios.

Analisar o material e as pesquisas feitas com ele através da visão de vários autores colabora de maneira positiva pois ajuda a entender como proceder e dar passos positivos, comparando os resultados com os dos demais pesquisadores.

- **Cadastramento das olarias na região de São Gonçalo do Amarante/RN:** levantamento das olarias existentes, junto aos órgãos municipais, seguido de contato, por telefone, com as empresas, para registro dos dados (Tabela 1).

Tabela 1. Cadastro das cerâmicas/olarias – São Gonçalo do Amarante/RN

Cerâmicas	Produção Mensal (produtos)	Tipo de queima
A	tijolos e telhas	cajueiro
B	tijolos e telhas	cajueiro
C	tijolos e telhas	cajueiro
D	tijolos e telhas	cajueiro
E	Tijolos estruturais	cajueiro
F	tijolos e telhas	cajueiro
G	tijolos e telhas	cajueiro
H	tijolos e telhas	cajueiro
I	tijolos e telhas	cajueiro

- **Definição dos riscos ambientais:** realizou-se a leitura da norma da ABNT 10004/2004, no item classificação de resíduos.

- **Levantamento do volume de cinza gerado pelas olarias locais e coleta do resíduo:** coleta do resíduo na olaria mais próxima, por uma questão de logística e de característica do material, visando ter as mesmas propriedades.

- **Caracterização do resíduo:** índice de finura, EDS, MEV, DRX e Granulometria a laser.

- **Avaliação do índice de atividade pozolânica com cimento e com cal:** leitura das normas NBRs 5751/2012 e 5752/2014, para realização e execução do ensaio de IAP.

- **Definição do traço de concreto sem função estrutural, com e sem inserção da cinza de olaria (percentual inicial de inserção da cinza de olaria no traço de concreto):** elaboração do traço, via método da ABCP, para um concreto sem função estrutural.

- **Moldagem dos corpos de prova de 10 x 20cm para 28 dias de cura.**

- **Análise dos resultados.**

RESULTADOS

A empresa de cerâmica vermelha, onde a cinza foi coletada, tem produção diária de 45.000 peças cerâmicas por dia, sendo 45.000 tijolos, já que a mesma não trabalha com a confecção de outros materiais cerâmicos. Para a queima, emprega-se a madeira de cajueiro, que equivale a um volume de 30 m³. Este volume de madeira resulta na produção de resíduos, denominado cinza de olaria, o qual tem parte destinado para adubo e o restante fica na área livre da cerâmica, disponível para aquisição sem nenhum custo. A figura 1 mostra a cinza produzida nos fornos, onde realizou-se a coleta.



Figura 1. Produção de cinza de olaria (resíduo).

A priori a cinza passou por um peneiramento da peneira nº 200 para deixá-la com a granulometria mais fina e tirar as impurezas, como carvão, apresentando índice de finura inferior a 12% e massa unitária no estado solto de 0,56g/cm³, em conformidade com avaliação de Gomes da Silva et al (2015). Em seguida foi submetida ao ensaio de EDS (Espectroscopia de Dispersão de Energia) para identificação dos elementos químicos presentes (Tabela 2) e da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), para verificar a microestrutura, conforme figura 2.

Tabela 2. Identificação, via EDS, dos elementos químicos presentes no resíduo/cinzas.

Elemento	Ca	K	Si	Fe	Sr	Ba	Mn	Rb
% Presente	84,034	9,739	1,535	1,169	1,133	0,752	0,406	0,039

Observa-se que o resíduo cinza de olaria é composto, basicamente, de Cálcio (Ca), com um percentual superior à 84,00% e outros elementos como K, Si, Fe, Sr, Ba, Mn e Rb, somando em torno de 16%.

A imagem da superfície da cinza está apresentada com um aumento de 1.0 kX, observando-se que o formato dos grãos da cinza é irregular e sua superfície tem aspecto esponjoso, conforme mostrado na figura 2.

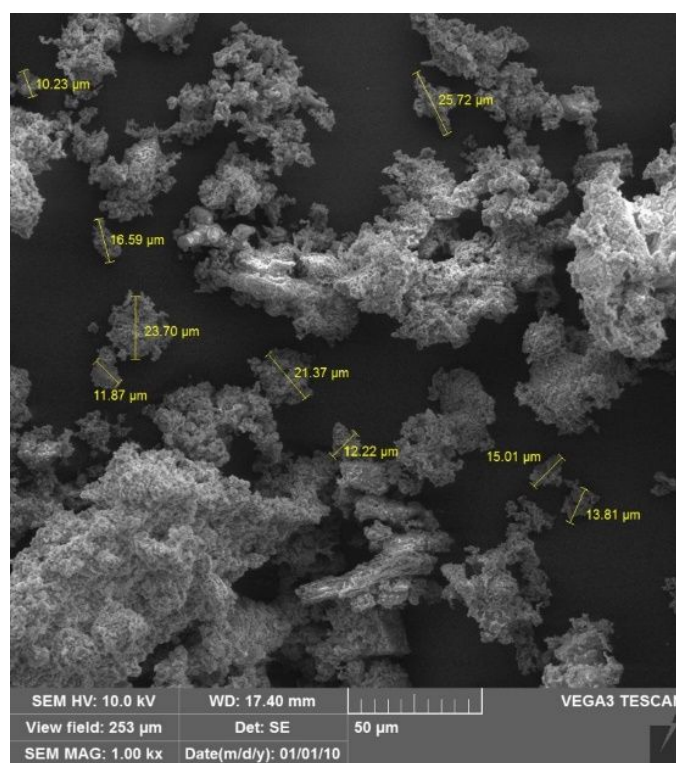


Figura 2. MEV da cinza de olaria (resíduo).

A figura 3 apresenta a análise granulométrica de frequência por difração a laser, a qual foi realizada no Laboratório de Resíduos da Universidade Federal de Campina Grande/PB/Brasil (UFCG), usando a técnica de distribuição granulométrica mensurada por difração a laser (com agente dispersante – hexametáfosfato). Analisando a granulometria da cinza de olaria constata-se que a mesma se comporta com a distribuição dos grãos desordenada e com diferente espessura entre um grão e outro, com $D_{10} \leq 1,00 \mu\text{m}$ e $D_{50} \leq 8,50 \mu\text{m}$, onde D_{10} representa o tamanho de partícula abaixo do qual se situa 10% do material e D_{50} , tamanho de partícula abaixo do qual se situa 50% do material.

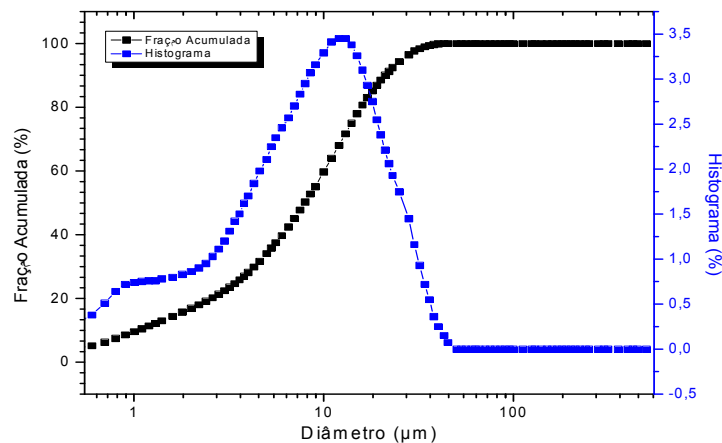


Figura 3. Granulometria a laser da cinza de olaria (resíduo).

A difração de raios X (DRX), figura 4, foi realizada no Laboratório de Resíduos da Universidade Federal de Campina Grande/PB (UFCG), e mostra que o resíduo de olaria (cinzas) não tem características amorfa, apresentando picos característicos de amostras cristalinas, sendo compatível com o resultado do EDS, que destaca os elementos químicos presentes, observando-se que não existe a presença de sílica, e tem grande concentração de CaO (óxido de cálcio). Porém, Cordeiro et al (2014) destacou que amostras apresentando grande quantidade de picos cristalinos, seria descartada em um primeiro momento por não ter sílica amorfa suficiente para promover as reações pozolânicas. No entanto, pesquisando uma cinza de casca de arroz, denominada CCA950, esta apresentou quase 70% de sílica na sua forma amorfa, e produziu argamassas (CORDEIRO et al., 2009) com pozolanicidade suficiente para atender a NBR12653 (1992) e a ASTM C618 (2012).

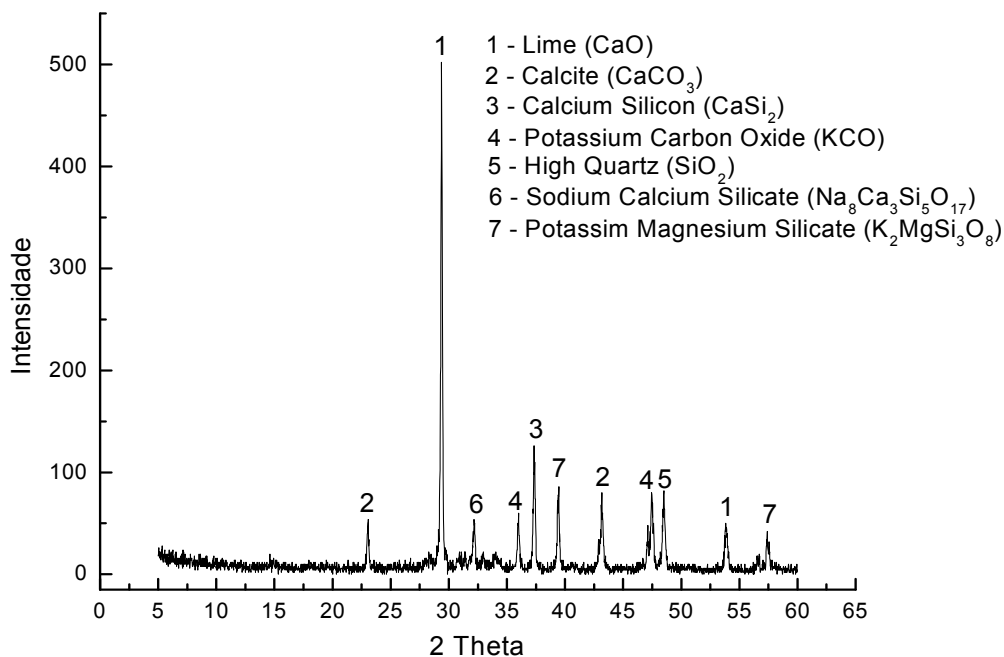


Figura 4. DRX da cinza de olaria (resíduo).

Para a inserção da cinza de olaria em traços de concreto, fez-se necessário a avaliação do índice de atividade pozolânica (IAP), a qual foi determinada de acordo com a NBR 5752 (ABNT, 2014), que determina o índice de desempenho de materiais pozolânicos com cimento Portland aos 28 dias de cura e pela NBR 5751 (ABNT, 2012), que determina o índice de desempenho de materiais pozolânicos com cal aos 07 dias de cura.

O resultado para o IAP ficou em torno de 35%, encontrando-se fora dos padrões contidos na NBR 5752 (ABNT, 2014) e pelos requisitos da NBR 12653 (ABNT, 2014), sendo estabelecido valores maior ou igual a 90%, neste caso descartou-se seu uso como substituição ao aglomerante, fato também observado por Gomes da Silva et al (2016). No entanto não se descartou a inserção da cinza de olaria nos traços de concreto, uma vez que sua aplicação contribui na diminuição de

impactos causado ao meio ambiente e à saúde dos moradores locais, mesmo que não influencie nas propriedades mecânicas do concreto. As figuras 5 e 6 apresentam a moldagem e o resultado da resistência à compressão simples, em MPa para as argamassas A e B, conforme prescreve a norma.



Figura 5. Moldagem das argamassas A e B para cálculo do IAP.

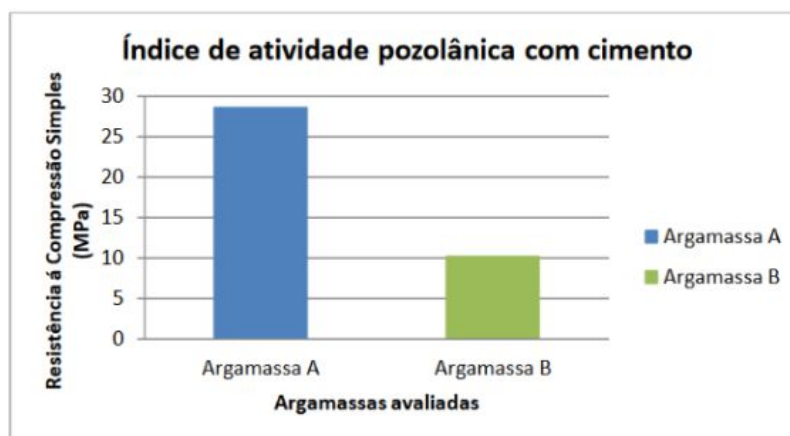


Figura 6. Resistência à compressão simples – MPa – Argamassa A e B.

Após a constatação de que a cinza não possuía atividade pozolânica suficiente para se substituir o cimento, partiu-se para outra alternativa, que seria a cinza atuar como filler no concreto devido a sua estrutura. Então fez-se a dosagem do concreto, empregando o método da ABCP (Associação Brasileira do Cimento Portland), empregado desde a década de 1980. Seguindo os passos para determinação:

- 1) Cálculo do f_{cj}
- 2) Cálculo do Fator a/c
- 3) Cálculo do Consumo de Água
- 4) Cálculo do Consumo de Cimento
- 5) Cálculo do Consumo de Agregado Graúdo (brita)
- 6) Cálculo do Consumo de Agregado Miúdo (areia)
- 7) Traço em massa
- 8) Traço unitário

Após seguir os passos foi obtido o traço 1:2,21:14,3:2,8 de cimento, areia, brita e água, respectivamente. Após a definição do traço foram moldados um total de 20 corpos de prova divididos em: 5 corpos de prova com o traço convencional, 5 corpos de prova com uma porcentagem de 10% de Cinza de Olaria em relação a quantidade de cimento, resultando em 150 gramas do material; 5 corpos de prova com uma porcentagem de 15% em relação a quantidade de cimento, resultando em 150 gramas do material e 5 corpos de prova com uma porcentagem de 20% em relação a quantidade de cimento, resultando em 200 gramas do material. (Figura 7).



Figura 7. Corpos de prova 10x20 já moldados e capeados – Traço convencional e Traços com cinza.

Os cálculos da resistência à compressão simples (RCS), massa específica e absorção de água, para 28 dias de cura, ficaram inviabilizados de serem realizados, na data prevista, em virtude do laboratório da instituição, onde os rompimentos seriam realizados, encontrar-se fechado, por motivos do isolamento social, via decreto da pandemia de COVID-19, tendo sido adiado para 91 dias de cura.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento de pesquisa trouxe pontos positivos em diversos fatores, além de insumos para componentes da construção civil, como uso de resíduos, também possibilita o benefício ambiental, evitando o descarte inadequado. Acredita-se que cada ideia, como intuito de transformar o mundo em um lugar melhor e mais sustentável, se transforme em um passo motivador.

Na cinza coletada realizou-se o ensaio do Índice de Atividade Pozolânica (IAP) com cal e cimento, indicando um baixo índice, não sendo viável sua substituição pelo cimento. No entanto, por a cinza ser muito fina, optou-se por verificar seu funcionamento como efeito filler, diminuindo os vazios e, conseqüentemente, aumentando a RCS.

O trabalho foi executado e encontra-se em fase final (faltando os resultados da RCS, alterado para 91 dias de cura), porém todos os ensaios de caracterização dos materiais, determinação do traço, moldagem, cura e capeamento dos corpos de prova foram executados e concluídos.

Os corpos de prova foram moldados e ficaram 28 dias em tempo de cura, após o que passaram pelo processo de capeamento, para garantir a distribuição uniforme da carga e voltaram para cura, em virtude da alteração da data do rompimento (91 dias de cura).

A data do rompimento foi alterada devido ao impacto da pandemia de COVID-19 e o decreto que ordena o isolamento social, sendo assim não foi possível romper os corpos de prova em laboratório na data prevista para 28 dias de cura. Porém, pode-se concluir, a princípio, que a pesquisa é relevante, destacando-se que, no mínimo, as cinzas de olaria geradas na queima do processo de produtos cerâmicos, pode ser introduzida em concretos, sem fins estruturais, sem prejuízos às suas propriedades mecânicas, trazendo benefício ambiental, fato que já justifica seu uso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. _____. NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004
2. _____. NBR 12653: Materiais pozolânicos - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014
3. GRIGOLETTI, G. C. **Caracterização de Impactos Ambientais de Indústrias de cerâmica vermelha do estado do Rio Grande do Sul**. 2001. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
4. MELO, Fellipe César Andrade Costa. **Análise de Argamassas com Substituição Parcial do Cimento Portland por Cinza Residual de Lenha de Algaroba**. 2012. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
5. PRADO FILHO, Hayrton Rodrigues do. **Impactos sociais e ambientais das olarias**. Qualidadeonline?s Blog, São Paulo, p. 1, 8 out. 2014. Disponível em: <https://qualidadeonline.wordpress.com/hayrton-rodrigues-do-prado-filho/>. Acesso em: 9 fev. 2020.



6. MORSCH, Dr. José Aldair. **Silicose: o que é? Quais as causas e os sintomas? Como evitar?**. Telemedicina Morsch, Rio Grande do Sul, 21 jun. 2015. p. 1. Disponível em: <https://telemedicinamorsch.com.br/blog/silicose-o-que-e>. Acesso em: 9 fev. 2020.
7. SOUZA, V. F. ; QUELHAS, O. L. G.. **Avaliação e controle da exposição ocupacional à poeira na indústria da construção**. Ciência & Saúde Coletiva, Rio Grande do Sul, p.801-807, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/csc/v8n3/17460.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2020.
8. **Saúde dos oleiros e caramistas é fator de atenção da vigilância sanitária e CEREST regional de Botucatu**. CVS (Centro de Vigilância Sanitária), São Paulo, 18jun.2014. Disponível em: http://www.cvs.saude.sp.gov.br/ler.asp?nt_codigo=756&nt_tipo=0&te_codigo=61 Acesso em: 8 fev. 2020.
9. Brasileiro produz por ano meia tonelada de resíduos de construção civil: ABRECON, 2011. Disponível em: <https://abrecon.org.br/brasileiro-produz-por-ano-meia-tonelada-de-residuos-de-construcao-civil/> Acesso em: 30.07.2019.
10. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 5752 - Materiais pozolânicos — Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. 2014.
11. GOMES DA SILVA, D. C. M.; MARCIANO, J. S.; OLIVEIRA, J. P. S.; SOUZA, J. Estudo de cinzas de olarias como pozolanas para uso em traços de argamassas. Trabalho de pesquisa/PROPI/IFRN. Natal/RN. 2016.
12. SILVA, Allyson. Produção de concreto utilizando cinzas das indústrias de cerâmica vermelha em substituição ao agregado miúdo. 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró.