

**Utilização de resíduo de filtro de cervejaria para produção de concreto**

Gustavo Savaris<sup>1</sup>, Isabela Ereno da Silva<sup>1</sup>, Carlos Eduardo Tino Balestra<sup>1</sup>, Cleber Antônio Lindino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, PR.

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, PR.

E-mail autor correspondente: gustavo.savaris@yahoo.com.br

Artigo enviado em 02/11/2019, aceito em 12/12/2019.

**Resumo:** A preservação do meio ambiente com a redução do consumo de recursos naturais tem impulsionado pesquisas sobre a utilização de resíduos como materiais de construção. Neste contexto, este trabalho objetivou avaliar a utilização do resíduo proveniente do filtro de cervejaria na produção de concreto, como material substituto à areia natural. O resíduo, composto por terra diatomácea, foi coletado no processo de limpeza dos filtros e submetido à caracterização físico-química. A partir de um traço de concreto de referência 1:2,46:2,86 (cimento:areia:brita), com relação água/cimento igual a 0,52, foram produzidas duas misturas com substituição em volume de areia natural por resíduo nas proporções de 5% e 10%. O concreto no estado fresco apresentou menor trabalhabilidade quando adicionado resíduo, inviabilizando a substituição na proporção de 10%. O concreto com substituição de 5% de areia por resíduo apresentou resistência à compressão axial média aos 28 dias igual a 34,23 MPa, 15% inferior ao concreto de referência, porém com possibilidade de utilização em peças não estruturais.

**Palavras-chave:** Concreto, resíduo, terra diatomácea.

**Use of brewery filter residue in concrete production**

**Abstract:** The preservation of the environment by reducing the consumption of natural resources has driven research on the use of residue as building materials. In this context, this study aimed to evaluate the use of brewery filter residue in concrete production as a substitute material for natural sand. The residue, composed of diatomaceous earth, was collected in the filter cleaning process and subjected to physicochemical characterization. A reference concrete mixture 1:2.46:2.86 (cement:sand:gravel), with water/cement ratio equal to 0.52, and two mixtures produced with volume substitution of natural sand by residue in the proportions of 5% and 10%. The fresh concrete presented lower flowability when added residue, making the substitution of 10% unfeasible. Concrete with 5% sand substitution by residue showed average compressive strength at 28 days 15% lower than the reference concrete, but with possibility of use in non-structural elements.

**Keywords:** Concrete, residue, diatomaceous earth.

## Introdução

No contexto atual de cuidados relacionados ao uso sustentável dos recursos naturais e dos inúmeros problemas ambientais e econômicos gerados pelo descarte incorreto de resíduos, o tema de maior interesse tem sido o uso benéfico desses subprodutos industriais (MAN et al., 2017; PARIS et al., 2016).

Nessa situação, encontra-se a indústria da construção civil, que, além de ser a maior consumidora de matérias primas e fornecer boa parte dos descartes de resíduos sólidos, incorpora inúmeros materiais descartados em produtos voltados às diversas aplicações, como adições em concreto e agregados voltados à pavimentação, por exemplo. Essa prática reduz seu impacto ambiental, pois, além de reduzir o volume de resíduos descartados em aterros, reduz o uso de materiais extraídos naturalmente (LETELIER et al., 2016; PARIS et al., 2016).

Sabe-se que o concreto é o material de construção mais utilizado no mundo, estimando-se um consumo anual de matéria prima de, aproximadamente, 2,5 bilhões de toneladas de cimento, 1 bilhão de toneladas de água e 10 bilhões de toneladas de agregados. Devido a essas altíssimas proporções e ao fato de que a indústria cimentícia é responsável por cerca de 7% das emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera, é inegável a influência da construção civil no meio ambiente (AHMADI et al., 2018).

Dessa forma, uma maneira vantajosa de aproveitar resíduos, é sua utilização como substituição ou adição como um material ligante em concretos, uma vez que a substituição de cimento Portland (CP), por exemplo, reduz significativamente os custos além dos impactos ambientais (PARIS et al., 2016).

Nesta área, apresentam-se os materiais pozolânicos, que vêm sendo muito utilizados para fabricar concretos de alta resistência. Os subprodutos de sílica ativa são pozolanas bastante eficientes devido sua durabilidade e transmissão de resistência ao concreto (DAVRAZ; GUNDUZ, 2005). Ainda de acordo com os mesmos autores, a indústria da construção civil tem preferido materiais que requeiram menos energia, como cinza volante, pozolanas naturais e a terra diatomácea calcinada.

A terra diatomácea é composta por esqueletos fósseis de diatomácea, uma alga unicelular de quantidade significativa nas camadas geológicas da crosta terrestre. Sua origem pode ser de água doce e salgada e apresenta como principal componente o dióxido de silício amorfo (SiO<sub>2</sub>) (GOULART et al., 2011; POSI et al., 2013; POSI et al., 2014; SENFF, HOTZA e LABRINCHA, 2011).

Esse produto, devido principalmente à sua estrutura celular (semelhante a um favo de mel), possui como características principais baixa massa específica, grande área superficial específica e baixa condutividade térmica. Assim sendo, diversas aplicações podem ser encontradas à terra diatomácea, como indústria cervejeira (etapas de filtração e clarificação), isolamento térmico e acústico, adsorção de metais pesados e em concretos de baixa densidade.

Porém, em concretos, deve-se ter cautela ao utilizá-la, pois sua microestrutura esquelética demanda alto teor de água, podendo gerar problemas (GOULART et al., 2011; POSI et al., 2013; POSI et al., 2014; SENFF, HOTZA e LABRINCHA, 2011; ESCALERA et al., 2015; DAVRAZ e GUNDUZ, 2005).

Diante do exposto, este trabalho apresenta como objetivos principais a caracterização físico-química do resíduo do filtro de uma cervejaria instalada na

cidade de Toledo-PR e sua utilização em diferentes misturas de concreto. No processo de filtração da cerveja os filtros são preenchidos com terra diatomácea e na etapa de limpeza dos filtros esse resíduo é descartado, por estar impregnado de impurezas, gerando em torno de 10 toneladas de resíduo por mês. Um programa experimental foi desenvolvido no laboratório de materiais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná para avaliar a substituição de areia natural por este resíduo, a fim de analisar a viabilidade de incorporação do material na produção de concretos, como meio de encontrar alternativas sustentáveis de descarte do resíduo.

### Material e Métodos

O resíduo do filtro de clarificação da cerveja foi coletado em tambores plásticos, saturado de cerveja, como pode ser visto na Figura 1.



**Figura 1.** Resíduo coletado na indústria.

Para determinação do teor de umidade do resíduo ( $w$ ) foram coletadas 3 amostras saturadas, pesadas e submetidas à pré-secagem em estufa a 60°C, sendo pesadas após período de 24 horas e de 48 horas e, após esta etapa, submetidas durante 24 horas à temperatura de 105°C ± 2,0°C para secagem completa, sendo o teor de umidade calculado utilizando a Equação 1.

$$w = \left( \frac{m_u - m_s}{m_s} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Onde  $m_u$  é a massa úmida inicial e  $m_s$  é a massa seca da amostra.

O teor de matéria orgânica ( $m_{org}$ ) foi determinado utilizando seis amostras totalmente secas, submetidas à temperatura de 700°C, durante 4 horas em forno mufla, pesadas antes e após o tratamento térmico, utilizando balança Shimadzu com precisão de 0,0001g, e calculado de acordo com a Equação 2.

$$m_{org} = \left( \frac{m_i - m_f}{m_f} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Onde  $m_i$  é a massa inicial da amostra com matéria orgânica e  $m_f$  é a massa final da amostra calcinada.

Os valores de pH do resíduo totalmente seco foram determinados em temperatura de 24,0 ± 2,0°C com 4 ± 0,02g de terra diatomácea em 100 mL de água destilada. As amostras foram mantidas em suspensão, por agitação mecânica durante aproximadamente 5 minutos e, em seguida, filtradas com papel filtro qualitativo, sendo então os valores de pH determinados utilizando pH-metro LUCA-210.

A massa específica do material foi determinada utilizando o ensaio de Le Chatelier com amostras, em duplicata, de resíduo em duas condições: seco em estufa e material calcinado. Com auxílio de um funil de haste longa o frasco de Le Chatelier foi preenchido com 1 cm<sup>3</sup> de querosene. Em seguida foram adicionadas 40g de resíduo no frasco com querosene e submetido a movimentos pendulares, de forma a retirar as bolhas de ar presentes na mistura. Efetuou-se a segunda leitura de volume. A massa específica do resíduo foi calculada pela relação entre a massa da amostra utilizada e a diferença das leituras de volume.

O índice de pozolanicidade do resíduo foi determinado utilizando o

método de Chapelle Modificado, baseando-se na norma NBR 15895 (ABNT, 2010). Inicialmente foram pesadas amostras com  $1 \pm 0,02$  g do resíduo e  $2 \pm 0,001$ g de CaO e transferidos para um frasco Erlenmeyer de 500 mL com tampa rosqueada, sendo então adicionados 250 mL de água destilada. Após homogeneizar, o conteúdo do frasco foi dividido em quatro frascos Erlenmeyer de 250 mL, que foram colocados em um agitador com banho maria Oxylab, modelo OXY 202, durante 16 horas à temperatura de  $80 \pm 5$  °C, sendo então os frascos resfriados em água corrente à temperatura ambiente. O conteúdo dos frascos foi devolvido ao Erlenmeyer de 500 mL e adicionada uma solução de sacarose e agitado mecanicamente por 15 minutos. Após filtragem, 50 mL da solução foi titulada com solução de ácido clorídrico (HCl)  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ , com fator de correção 1,0012, usando solução de fenolftaleína como indicador. As mesmas operações foram efetuadas com o ensaio em branco. O índice de pozolanicidade foi calculado utilizando a Equação 3.

$$I_{Ca(OH)_2} = \frac{28 \cdot (V_3 - V_2) \cdot F_c}{m_2} \cdot 1,32 \quad (3)$$

Onde  $I_{Ca(OH)_2}$  é o índice de atividade pozolânica Chapelle obtido no ensaio, que corresponde ao teor de hidróxido de cálcio fixado, representado em miligramas (mg) de  $Ca(OH)_2$  por grama (g) de terra diatomácea;  $m_2$  é a massa de terra diatomácea em g;  $V_2$  é o volume de HCl  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  consumido no ensaio com amostra, em mL;  $V_3$  é o volume de HCl  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  consumido no ensaio em branco, em mL; e  $F_c$  é o fator de correção do HCl para a concentração de  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ .

Para produção dos concretos o resíduo foi submetido à pré-secagem em estufa a  $60$  °C durante 48 horas. Três misturas de concreto foram definidas a partir de um traço 1:2,46:2,86 (cimento:areia:brita), com relação água/cimento igual a 0,52, sendo uma mistura de referência sem resíduo, denominada C0, e duas misturas com substituição em volume de areia natural por resíduo nas proporções de 5% e 10%, denominadas C5 e C10, respectivamente.

Utilizando uma betoneira de eixo inclinado foram produzidos 30 litros de concreto em cada betonada, misturando as quantidades de materiais apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Quantidade de materiais em kg para produção de 30 litros de concreto.

| Concreto | Cimento | Areia | Brita | Água | Resíduo |
|----------|---------|-------|-------|------|---------|
| C0       | 11,54   | 24,54 | 30,95 | 6,0  | 0       |
| C5       | 11,54   | 23,31 | 30,95 | 6,0  | 0,88    |
| C10      | 11,54   | 22,08 | 30,95 | 6,0  | 1,76    |

Como aglomerante foi utilizado o cimento Portland de alta resistência inicial (CP V-ARI), como agregado graúdo rocha britada de origem basáltica com dimensão máxima característica de 19 mm e massa específica de  $3,0 \text{ g/cm}^3$ , e como agregado miúdo foi utilizada areia quartzosa proveniente do rio Paraná,

com massa específica de  $2,65 \text{ g/cm}^3$  e módulo de finura igual a 2,81, caracterizados seguindo as recomendações das normas NM 248 (ABNT, 2001), NM 53 (2009) e NM 52 (2009). A água utilizada para a produção dos concretos foi proveniente da concessionária de abastecimento da cidade do Toledo/PR. Na produção do

concreto com resíduo foi utilizado aditivo superplastificante (SP) à base de policarboxilato de sódio, da empresa GCP Applied Technologies.

Logo após a mistura dos materiais a consistência do concreto foi medida por meio do ensaio de abatimento do tronco de cone (slump-test), conforme a norma NM 67 (ABNT, 1998), e foi determinada a massa específica no estado fresco, conforme NBR 9833 (2008). Em seguida foram moldados 24 corpos de prova cilíndricos, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, com cada mistura de concreto, para realização dos ensaios de resistência à compressão axial nas idades de 7, 14, 28 e 90 dias. Todos os corpos de prova foram desmoldados 24 horas após a concretagem e curados submersos em água a temperatura de  $22 \pm 2$  °C até as idades previstas para realização dos ensaios.

Antes do ensaio de compressão axial, a massa específica do concreto no

estado endurecido foi determinada seguindo as recomendações da NBR 9778 (2009), sendo então os corpos de prova retificados e ensaiados no laboratório de materiais da UTFPR utilizando uma máquina universal de ensaios com capacidade de carga de 2000 kN.

## Resultados e discussão

As massas das amostras determinadas durante as duas etapas de secagem, 48 horas em temperatura de 60 °C e 24 horas em temperatura de 105 °C, são apresentadas na Tabela 2. Verifica-se uma acentuada redução da massa das amostras nas primeiras 24 horas de secagem e pequena variação nas etapas seguintes, resultando em um teor de umidade médio do resíduo coletado de 61,1%, justificado pela saturação do material durante o processo de filtragem da cerveja.

**Tabela 2.** Massa das amostras de resíduo antes e após a secagem e teor de umidade.

| Amostra | Massa inicial (g) | Após 24h a 60 °C (g) | Após 48h a 60 °C (g) | Após 24h a 105 °C (g) | Teor de umidade (%) |
|---------|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| 1       | 163,3             | 65,2                 | 64,8                 | 63,5                  | 161,1               |
| 2       | 170,2             | 68,1                 | 67,6                 | 66,2                  | 161,1               |
| 3       | 165,3             | 66,4                 | 65,8                 | 64,6                  | 160,9               |
| Média   | 166,3±3,5         | 66,6±1,5             | 66,1±1,4             | 64,8±1,3              | 161,0±0,1           |

As amostras de resíduo após secagem completa em estufa foram submetidas à calcinação e apresentaram teor médio de matéria orgânica igual a 19,56%, conforme resultados apresentados na Tabela 3. Após a calcinação, o material apresentou textura granular fina, pulverulenta e coloração branca, diferente do material coletado, bem como do material após

secagem, o qual apresentava coloração cinza-amarronzada e pequenos torrões, manualmente desfeitos, como apresentado na Figura 2. Alterações similares foram observadas nos resultados obtidos nos tratamentos térmicos realizados por Goulart et al. (2011) e Posi et al. (2013).

**Tabela 3.** Massa das amostras de resíduo antes e após a calcinação e o teor de matéria orgânica.

| Amostra | Massa inicial (g) | Massa após calcinação (g) | Teor de matéria orgânica (%) |
|---------|-------------------|---------------------------|------------------------------|
| 1       | 2,6758            | 2,2442                    | 19,23                        |
| 2       | 2,5647            | 2,1448                    | 19,58                        |
| 3       | 2,5402            | 2,1278                    | 19,38                        |
| 4       | 2,5931            | 2,1687                    | 19,57                        |
| 5       | 2,6224            | 2,1901                    | 19,74                        |
| 6       | 2,6274            | 2,1918                    | 19,87                        |
| Média   | 2,6039±0,0485     | 2,1779±0,0410             | 19,56±0,23                   |

**Figura 2.** Material após secagem em estufa (a) e após calcinação (b).

Na Tabela 4, são apresentados os valores de pH das amostras secas em estufa e as temperaturas em que se encontravam as soluções durante as medições. Como resultado tem-se que o material é ácido, com pH médio de 4,79,

diferentemente do apresentado por Goulart et al. (2011), que obtiveram após tratamento térmico valores de pH entre 8 a 10,5. Esta variação de pH pode ser atribuída à presença de matéria orgânica no resíduo.

**Tabela 4.** Resultados dos ensaios de pH e temperatura das amostras de resíduo.

| Amostra | pH        | Temperatura (°C) |
|---------|-----------|------------------|
| 1       | 4,84      | 26,3             |
| 2       | 4,82      | 26,7             |
| 3       | 4,72      | 26,5             |
| Média   | 4,79±0,06 | 26,5±0,2         |

A massa específica do resíduo foi determinada nas condições seca em

estufa e calcinada, com duas amostras de cada tratamento, resultando em

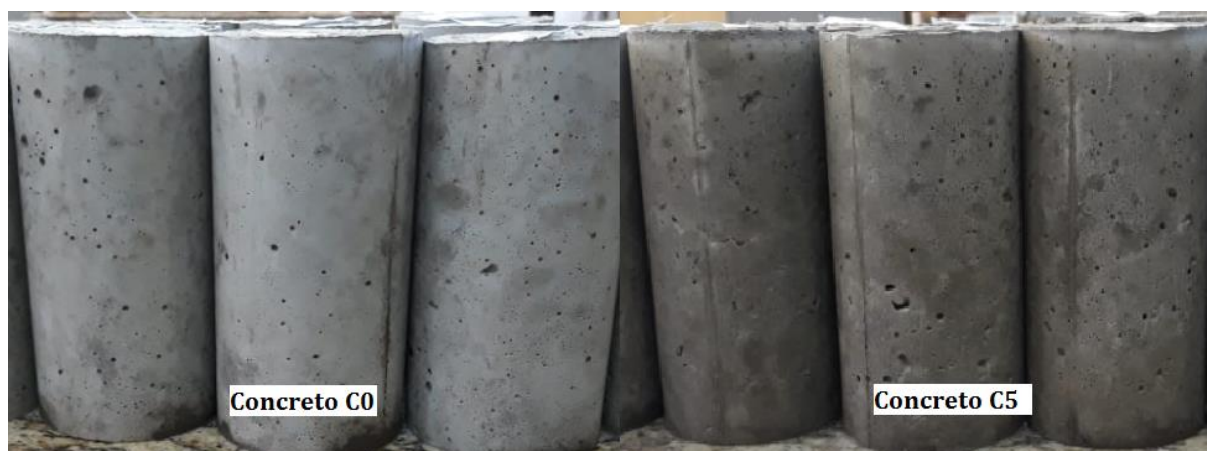
1,861 g/cm<sup>3</sup> e 2,068 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Segundo Man et al. (2017) a alteração na massa específica ocorre pelo fato de que os microporos dentro das partículas do material emergem após sua sinterização, devido à decomposição orgânica. Com o aumento da temperatura de sinterização, a estrutura da terra diatomácea é rompida e o material torna-se mais denso.

O teor de hidróxido de cálcio fixado no material foi de 14,469 mg de Ca(OH)<sub>2</sub> por grama de terra diatomácea. Segundo Raverdy et al. (1980), o material é caracterizado pozolânico se apresentar, no ensaio de Chapelle, o resultado mínimo de 436 mg de Ca(OH)<sub>2</sub>/g. Desta forma, a terra diatomácea estudada não apresenta pozolanicidade, já que o resultado do ensaio apresentou-se muito inferior ao esperado.

Logo após a mistura dos materiais na betoneira a trabalhabilidade dos concretos foi determinada utilizando o ensaio de abatimento de tronco de cone. O concreto C0 apresentou 6 cm de abatimento sem a necessidade de adição de aditivo superplastificante, enquanto no concreto C5 foram necessários 45 gramas de aditivo para um abatimento

de 4 cm. O concreto C10 apresentou consistência seca, com a formação de pelotas, indicando a falta de água na mistura. Ao concreto C10 foram adicionados 180 gramas de aditivo superplastificante e não houve alteração em sua consistência, continuando com abatimento nulo e inviabilizando a sua utilização para moldagem de corpos de prova e descartada esta mistura. Observou-se que o resíduo adicionado, por ser um material pulverulento, absorveu parte da água de amassamento do concreto, reduzindo sua trabalhabilidade, sendo recomendada para trabalhos futuros a adoção de traços com maior relação água/cimento.

A adição de resíduo também alterou a coloração do concreto, tornando o concreto C5 levemente mais escuro que o C0, como pode ser verificado na Figura 3. Além disso, houve uma pequena alteração na massa específica do material. Os concretos C0 e C5 apresentaram massa específica no estado fresco iguais a 2,43 g/cm<sup>3</sup> e 2,30 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, e no estado endurecido iguais a 2,47 g/cm<sup>3</sup> e 2,35 g/cm<sup>3</sup>. A redução da massa específica no concreto pode ser justificada pela diferença entre as massas específicas do resíduo e da areia natural.



**Figura 3.** Corpos de prova de concreto para ensaio de compressão.

SAVARIS et al.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados de resistência à compressão axial dos corpos de prova nas idades de

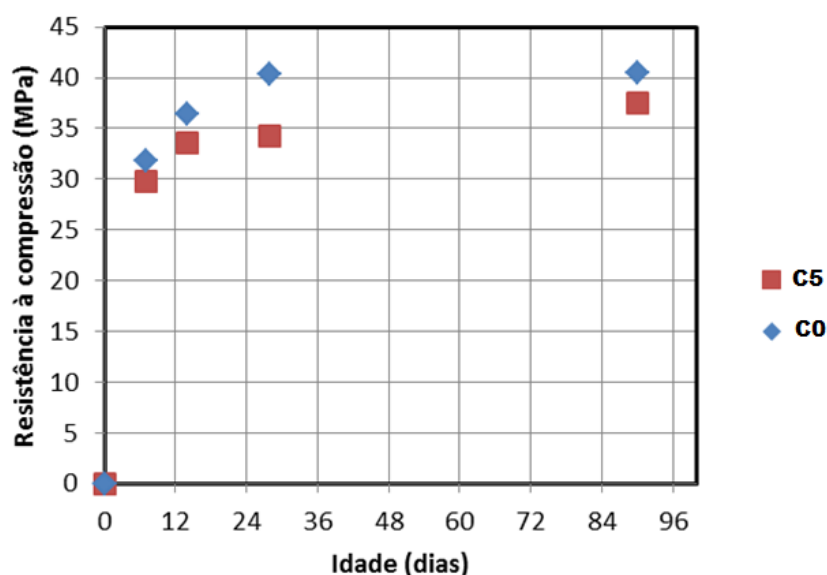
7, 14, 28 e 90 dias e as médias e desvio padrão das amostras.

**Tabela 5.** Resistência à compressão axial dos concretos em MPa.

| Concreto | Corpo de prova | Idade (dias) |       |       |       |
|----------|----------------|--------------|-------|-------|-------|
|          |                | 7            | 14    | 28    | 90    |
| C0       | 1              | 33,76        | 36,47 | 39,31 | 42,29 |
|          | 2              | 30,96        | 37,92 | 41,04 | 36,28 |
|          | 3              | 30,64        | 34,68 | 40,88 | 42,99 |
|          | Média          | 31,79        | 36,36 | 40,41 | 40,52 |
|          | Desvio padrão  | 1,716        | 1,623 | 0,956 | 3,689 |
|          | C5             | 1            | 28,37 | 34,75 | 34,25 |
| C5       | 2              | 29,73        | 33,36 | 33,86 | 36,60 |
|          | 3              | 31,21        | 32,46 | 34,57 | 38,63 |
|          | Média          | 29,77        | 33,52 | 34,23 | 37,49 |
|          | Desvio padrão  | 1,420        | 1,154 | 0,356 | 1,039 |

Os resultados demonstraram um crescimento rápido da resistência à compressão axial nos 7 primeiros dias, devido à utilização do cimento CP-V, e continuidade do processo de hidratação

do cimento com aumento da resistência de forma menos acentuada até os 28 dias, como pode ser observado na Figura 4.



**Figura 4.** Evolução da resistência à compressão dos concretos ao longo do tempo.

Em todas as idades verificou-se uma redução da resistência à

compressão axial quando substituída a areia natural pelo resíduo de cervejaria.



Ressalta-se que no presente trabalho o resíduo não apresentou atividade pozolânica e a redução da resistência provavelmente ocorreu devido à absorção de água pelo resíduo, resultando em menor disponibilidade de água para hidratação do cimento. Resultados semelhantes são apresentados por Letelier et al. (2016) em que a utilização de resíduo de terra diatomácea de cervejaria não resultou em decréscimo significativo da resistência de concretos.

### Conclusões

Este trabalho teve como objetivo avaliar a utilização do resíduo de filtragem de cerveja, composto por terra diatomácea, visando seu emprego para produção de concretos. O resíduo obtido possuía alto teor de umidade, sendo necessária pré-secagem para sua utilização, e também foi constatada a presença de matéria orgânica, características de acidez e baixa massa específica. Quando utilizado para substituição parcial de 5% da areia natural na produção de concreto resultou em redução da massa específica e da resistência à compressão axial aos 28 dias. Entretanto, a resistência obtida foi superior a 30 MPa indicando a possibilidade de utilização em concretos sem função estrutural.

### Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Brasil.

### Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**: Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9833**: Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15895**: Materiais pozolânicos – Determinação do teor de hidróxido de cálcio fixado – Método Chappelle modificado. Rio de Janeiro, 2010.

AHMADI, Z.; ESMAEILI, J.; KASAEI, J.; HAJIALIOGHLI, R. Properties of sustainable cement mortars containing high volume of raw diatomite. **Sustainable Materials and Technologies**, n. 16, p.47-53, 2018.

DAVRAZ, M.; GUNDUZ, L. Engineering properties of amorphous silica as a new natural pozzolan for use in concrete. **Cement and Concrete Research**, n. 35, p. 1251-1261, 2005.

ESCALERA, E.; GARCIA, G.; TERÁN, R.; TEGMAN, R.; ANTTI M-L.; ÓDEN M. The production of porous brick material from diatomaceous earth and Brazil nut shell ash. **Construction and Building Materials**, 98, p. 257-264, 2015.

GOULART, M. R.; SILVEIRA, C. B.; CAMPOS, M.L.; ALMEIDA, J.A.; MANFREDI-COIMBRA, S.; OLIVEIRA, A.F. Metodologias para reutilização do resíduo de terra diatomácea, proveniente da filtração e clarificação da cerveja. **Química Nova**, Vol. 34, No. 4, p. 625-629, 2011.

LETELIER, V.; TARELA, E.; MUÑOZ, P.; MORICONI, G. Assessment of the mechanical properties of a concrete made by reusing both: Brewery spent diatomite and recycled aggregates. **Construction and Building Materials**, 114, p. 492-498, 2016.

MAN, J.; GAO, W.; YAN, S.; LIU, G.; HAO, H. Preparation of porous brick from diatomite and sugar filter mud at lower temperature. **Construction and Building Materials**, 156, p. 1035-1042, 2017.

PARIS, J. M.; ROESSLER, J.G.; FERRARO, C.C.; DEFORD, H. D; TOWNSEND, T. G. A review of waste products utilized as supplements to Portland cement in concrete. **Journal of Cleaner Production**, n. 121, p. 1-18, 2016.

POSI, P.; LERTNIMOOLCHAI, S.; SATA, V.; PHOO-NGERNKHAM, T.; CHINDAPRASIRT, P. Pressed lightweight concrete containing calcined diatomite aggregate. **Construction and Building Materials**, 47, p. 896-901, 2013.

POSI, P.; LERTNIMOOLCHAI, S.; SATA, V.; PHOO-NGERNKHAM, T.; CHINDAPRASIRT, P. Investigation of

Properties of Lightweight Concrete with Calcined Diatomite Aggregate. **KSCE Journal of Civil Engineering**, 18, p. 1429-1435, 2014.

RAVERDY, M., BRIVOT, F., PAILLIERE, A. M., BRON, R. Appréciation de l'activité pouzzolanique de constituents secondaires. In: **7 Congrès International de la Chimie des Ciments**. Paris, France, v.3, pp. 36-41, 1980.

SEFFF, L.; HOTZA, D.; LABRINCHA, J. A. Effect of diatomite addition on fresh and hardened properties of mortars investigated through mixture experiments. **Advances in Applied Ceramics**, v. 110, n. 3, 2011.