

Caracterização físico-química do resíduo de cervejaria visando utilização em concretos

Physicochemical characterization of brewing industry wastes and its evaluation for usage in concretes

RESUMO

Isabela Ereno da Silva
isabelaereno@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Gustavo Savaris
gsavaris@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Este trabalho objetiva a caracterização físico-química do resíduo, visando analisar a viabilidade de sua posterior utilização em etapas da construção civil. A terra diatomácea, proveniente do processo de filtração de cerveja, foi coletada em tambores plásticos na etapa de limpeza dos filtros de uma cervejeira localizada em Toledo-PR. Inicialmente, o material apresentava-se saturado e foi submetido à pré secagem em estufa para, então, realizar os ensaios de determinação do teor de umidade, teor de matéria orgânica, pH e massa específica. O resíduo apresentou mais da metade de sua massa inicial composta por água, observando-se uma redução média de 59,96% de sua massa após 24 horas de secagem. O teor médio de matéria orgânica encontrado foi de 19,56%. A terra diatomácea mostrou-se ácida e suas massas específicas antes e após a calcinação foram de 1,861 g/cm³ e 2,069 g/cm³, respectivamente. Assim, são necessários estudos mais específicos para comprovar a possibilidade de aplicação do material na construção civil, uma vez que se deve tomar cuidado quanto aos efeitos do teor de matéria orgânica e acidez do resíduo.

PALAVRAS-CHAVE: Materiais alternativos. Construção civil. Terra diatomácea.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

This work aimed to perform the physicochemical characterization of brewing industry, intending to analyze the feasibility of its subsequent use in the stages of civil construction. The diatomaceous earth utilized in this work is the product of the brewing filtration process and was collected in plastic barrels during the filter cleaning stage of a brewing industry located in Toledo-PR. Initially, since the material was saturated, it was pre-dried in a kiln to perform the tests of determination of moisture content, organic matter content, pH and specific mass. The waste was composed, majority from water, resulting on a weight loss of 59,96%, after a 24-hour drying process. The organic matter represented 19,56% of the waste's weight. The diatomaceous earth was acid, and its specific mass before and after calcination were 1,861 g/cm³ and 2,069 g/cm³, respectively. Thus, studies are necessary to verify the application of the material in the civil construction as a substitute for lightweight aggregates. Due to the material's organic matter content and acidity, it is necessary to take care for the effects of the product when using it.

KEYWORDS: Alternative materials. Construction. Diatomaceous earth.

INTRODUÇÃO

Como consequência do crescimento desenfreado das indústrias nas últimas décadas, tem-se o aumento contínuo da exploração de recursos naturais e a geração de resíduos sólidos, responsáveis por inúmeros problemas ambientais e econômicos (MAN, GAO, *et al.*, 2017). Nesse meio encontra-se a indústria da construção civil, que, segundo LETELIER, TARELA, *et al.* (2016), é a maior consumidora de matérias primas, além de gerar cerca de 25% dos descartes de resíduos sólidos. A alta demanda por materiais destinados à construção diminuiu significativamente as reservas naturais para a obtenção de agregados, rochas e areias, gerando danos irreversíveis ao meio ambiente (D., GARCÍA, *et al.*, 2017). Essa questão ecológica tem incentivado o governo a adotar leis de controle ambiental mais rigorosas e a melhorar a eficiência dos órgãos de fiscalização relacionados desta área (GOULART, SILVEIRA, *et al.*, 2011).

Como forma de reduzir a utilização de recursos naturais, de acordo com GOULART, SILVEIRA, *et al.* (2011), pesquisadores têm buscado alternativas para a reutilização de resíduos gerados pelas indústrias, incluindo os diversos ramos da construção civil. Na indústria alimentícia, grande parte das empresas considera como descarte matéria-prima que seria útil para outros processos dentro da própria indústria ou em outros ramos. Na indústria cervejeira, verifica-se a geração de grandes quantidades de resíduos, dentre eles as terras diatomáceas (D., GARCÍA, *et al.*, 2017; GOULART, SILVEIRA, *et al.*, 2011).

A terra diatomácea é uma rocha sedimentar, de natureza silicosa, composta por esqueletos fósseis de fitoplâncton, mais precisamente da diatomácea, uma alga unicelular de quantidade significativa nas camadas geológicas da crosta terrestre – há mais de 25 mil espécies de diatomáceas dos mais variados tipos de morfologia. Sua origem vem de água doce e salgada e apresenta como principal componente o dióxido de silício amorfo (SiO_2) (GOULART, SILVEIRA, *et al.*, 2011; POSI, LERTNIMOOLCHAI, *et al.*, 2013; POSI, LERTNIMOOLCHAI, *et al.*, 2014; SENFF, HOTZA e LABRINCHA, 2011). Dos demais elementos constituintes da terra diatomácea, apresentam-se, em menor proporção, alumínio, ferro, magnésio, potássio, cálcio e sódio. Argilominerais, areias quartzosas, mica, calcita, feldspato, gipsita, carbonatos de cálcio e magnésio também são presentes em sua composição, além de matéria orgânica (GOULART, SILVEIRA, *et al.*, 2011).

Esse material apresenta como características principais a baixa massa específica, devido à sua alta porosidade e estrutura celular (semelhante a um favo de mel), grande área superficial específica e baixa condutividade térmica. Dessa maneira, é possível encontrar diversas aplicações para o material além da etapa de clarificação e filtração da cerveja, como isolamento térmico e acústico e adsorção de metais pesados (GOULART, SILVEIRA, *et al.*, 2011; POSI,

LERTNIMOOLCHAI, *et al.*, 2013; POSI, LERTNIMOOLCHAI, *et al.*, 2014). Uma alternativa para a construção civil é a utilização da terra diatomácea em cerâmicas e concretos, já que apresenta baixa densidade (ESCALERA, GARCIA, *et al.*, 2015; POSI, LERTNIMOOLCHAI, *et al.*, 2013), porém, deve-se ter cautela ao utilizá-la, pois sua microestrutura esquelética demanda alto teor de água, o que é prejudicial à resistência e à durabilidade do concreto, segundo SENFF, HOTZA e LABRINCHA (2011).

Diante do exposto, este trabalho apresenta como objetivo principal a caracterização físico-química do resíduo, a fim de analisar a viabilidade de posterior utilização do material em etapas da construção civil, como meio de encontrar alternativas mais sustentáveis a essa área da engenharia que tanto afeta o meio ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

A terra diatomácea utilizada no processo de filtração da cerveja foi coletada em tambores plásticos durante a etapa de limpeza dos filtros de uma cervejeira localizada na cidade de Toledo-PR. Inicialmente o material estava saturado, como pode ser visto na Figura 1, sendo submetido à pré secagem em estufa a 60°C durante 48 horas, e depois realizados os ensaios de determinação do teor de umidade, do teor de matéria orgânica, pH e massa específica.

Figura 1 – Material coletado na indústria



Fonte: Autoria Própria (2019).

Para determinação do teor de umidade do resíduo foram coletadas três amostras, pesadas e submetidas à pré secagem em estufa à temperatura de 60°C, sendo pesadas após 24 horas e 48 horas. Após esta etapa, as amostras foram submetidas durante 24 horas à temperatura de 105°C para secagem completa, sendo o teor de umidade calculado utilizando a Equação 1.

$$w = \left(\frac{\text{massa úmida} - \text{massa seca}}{\text{massa úmida}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

O teor de matéria orgânica foi determinado utilizando seis amostras secas, submetidas à temperatura de 700°C durante 4 horas em um forno mufla (JUNG, modelo 212). A pesagem das amostras foi realizada antes e após o tratamento térmico, utilizando a balança SHIMADZU, resolução de 0,0001 g, modelo AY220. Seu cálculo foi realizado a seguindo a Equação 2.

$$w = \left(\frac{\text{massa com matéria orgânica} - \text{massa sem matéria orgânica}}{\text{massa sem matéria orgânica}} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Os valores de pH da terra diatomácea totalmente seca foram determinados utilizando água destilada em temperatura de $24,0 \pm 2,0^\circ\text{C}$ e para cada teste foram adicionadas $4 \pm 0,02\text{g}$ de terra diatomácea em 100 mL de água. 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 por meio de um pH-metro LUCA-210.

A massa específica do material foi determinada utilizando o ensaio de Le Chatelier, baseado na NM 23:2000, com amostras, em duplicata, de terra diatomácea totalmente seca e com o material calcinado a 700°C por 4 horas. Para sua realização, inseriu-se, com auxílio de um funil de haste longa, querosene no frasco de Le Chatelier, de forma que o líquido ficasse entre a marca 0 e 1 cm^3 . Efetuou-se a primeira leitura de volume. Pesou-se, então $40 \pm 0,01\text{ g}$ de terra diatomácea e, com o auxílio de um funil de haste curta, o material foi colocado no frasco com querosene. O frasco foi 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 da terra diatomácea é calculada pela divisão entre a massa da amostra utilizada e a diferença das leituras de volume.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como análise inicial e preparação para posteriores ensaios, foi obtido o teor de umidade da terra diatomácea após sua utilização em cervejeira. Nesse caso, vale ressaltar que o material não passou por nenhum processo de purificação ou tratamento. Os resultados dos tratamentos térmicos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Teor de umidade

Massa inicial (g)	Massa após 24h a 60°C (g)	Teor de umidade ₆₀ (%)	Massa após 48h a 60°C (g)	Teor de umidade ₆₀ (%)	Massa após 24h a 105°C (g)	Teor de umidade ₁₀₅ (%)
163,3	65,2	60,07	64,8	60,31	63,5	61,11
170,2	68,1	59,99	67,6	60,28	66,2	61,10
165,3	66,4	59,83	65,8	60,19	64,6	60,92

Fonte: Autoria Própria (2019).

Nas amostras analisadas, verificou-se que a massa de água correspondeu a mais da metade da massa inicial de resíduo, confirmando, assim a situação inicial de saturação do material, visto que é resultado de um processo de filtração. Constata-se uma pequena variação entre os resultados da primeira etapa de secagem e o material totalmente seco, indicando que, para utilização na construção civil, apenas a pré secagem seria suficiente.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados do ensaio de teor de matéria orgânica presente na terra diatomácea devido ao processo de fermentação da cerveja, seis amostras de material seco foram submetidas à calcinação em mufla por 4 horas, a uma temperatura de 700°C e, desse tratamento, obteve-se um teor médio de matéria orgânica de 19,56%.

Tabela 2 – Teor de matéria orgânica

Item	Cadinho (g)	Material (g)	Material calcinado (g)	Matéria orgânica (g)	M.O.(%)
1	49,61	2,68	2,24	0,43	19,23
2	28,56	2,56	2,14	0,42	19,58
3	27,75	2,54	2,13	0,41	19,38
4	31,09	2,59	2,17	0,42	19,57
5	26,63	2,62	2,19	0,43	19,74
6	29,54	2,63	2,19	0,44	19,87

Fonte: Autoria Própria (2019).

Após a calcinação, o material apresentou textura granular fina, pulverulenta e coloração branca. Muito diferente do material coletado apresentado na Figura 1. Mostrando que ainda havia umidade no material, provavelmente retida pela matéria orgânica. Essas alterações observadas foram similares aos resultados obtidos dos tratamentos térmicos realizados por GOULART, SILVEIRA, *et al.*, 2011 e por POSI, LERTNIMOOLCHAI, *et al.*, 2013.

Na Tabela 3, são apresentados os valores de pH das amostras secas em estufa e as temperaturas em que se encontram as soluções durante as medições. Como resultado tem-se que o material é ácido, diferentemente do apresentado por GOULART, SILVEIRA, *et al.*, 2011, que obtém como resultado, após tratamento térmico, valores de pH entre 8 a 10,5.

Tabela 3 – Dados de pH para a terra diatomácea

Amostra	Material (g)	pH	Temperatura (°C)
1	4,019	4,84	26,3
2	4,029	4,82	26,7
3	4,026	4,72	26,5

Fonte: Autoria Própria (2019).

A massa específica foi determinada nas condições seca em estufa e calcinada, com duas amostras de cada tratamento, apresentando, na primeira condição, massa específica de 1,86 g/cm³ e no segundo caso, a massa específica foi de 2,07 g/cm³.

Dos ensaios, o aumento da massa específica da terra diatomácea quando calcinada foi notável. Essa alteração na massa específica pode ser explicada, segundo MAN, GAO, *et al.*, 2017, pelo fato de que os microporos dentro das partículas do material emergem após sua sinterização, devido à decomposição orgânica. Ainda de acordo com o mesmo autor, com o aumento da temperatura de sinterização, a forma da terra diatomácea se quebra e seus microporos tornam-se densos.

CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o resíduo de filtragem de cerveja, composto por terra diatomácea, visando seu emprego para produção de materiais de construção. O resíduo avaliado apresentou alto teor de umidade e matéria orgânica, com elevada acidez e baixa massa específica, podendo apresentar efeitos deletérios dependendo da quantidade empregada para substituição, ou adição,

em concretos ou argamassas. Sendo necessário, portanto, estudos mais aprofundados a respeito das quantidades ótimas de substituição, ou adição.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. **NM 23:** Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. AMN, 2000.

ESCALERA, E. et al. **The production of porous brick material from diatomaceous earth and Brazil nutshell ash.** Construction and Building Materials, v. 98, p. 257-264, 2015. Acesso em: fevereiro 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.003>.

FARÍAS R.D., F.R. et al. **Effects of Wastes from the Brewing Industry in Lightweight Aggregates Manufactured with Clay for Green Roofs.** Materials, v. 10, n. 527, 2017. Acesso em: janeiro 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ma10050527>.

GOULART, M. R. et al. **Metodologias para reutilização do resíduo de terra diatomácea, proveniente da filtração e clarificação da cerveja.** Química Nova, v. 34, n. 4, p. 625-629, 2011.

LETELIER, V. et al. **Assessment of the mechanical properties of a concrete made by reusing both: Brewery spent diatomite and recycled aggregates.** Construction and Building Materials, n. 114, p. 492-498, 2016. Acesso em: janeiro 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.177>.

MAN, J. et al. **Preparation of porous brick from diatomite and sugar filter mud at lower temperature.** Construction and Building Materials, n. 156, p. 1035-1042, 2017. Acesso em: fevereiro 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.021>.

POSI, P. et al. **Pressed lightweight concrete containing calcined diatomite aggregate.** Construction and Building Materials, v. 47, p. 896-901, 2013. Acesso em: janeiro 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.05.094>.

POSI, P. et al. **Investigation of Properties of Lightweight Concrete with Calcined Diatomite Aggregate.** KSCE Journal of Civil Engineering, v. 18, p. 1429-1435, 2014. Acesso em: fevereiro 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12205-014-0637-5>.

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. Acesso em: fevereiro 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1179/1743676110y.0000000009>.