Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.10,
2023
ISSN 2178-6925

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA TÊXTIL DO MUNICÍPIO DE ESTÂNCIA/SE

EVALUATION OF THE REUSE POTENTIAL OF WASTE FROM THE TEXTIILE INDUSTRY IN THE MUNICIPALITY OF ESTÂNCIA/SE

Pedro Vinícius do Ó Maia
Graduado em Engenharia Civil, Instituto Federal de Sergipe, Brasil
Email: pedronicim@gmail.com
Carlos Mariano Melo Júnior
Doutor em Construção Civil, Instituto Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: carlos.junior@academico.ifs.edu.br
Herbet Alves de Oliveira
Doutor em Ciência dos Materiais, Instituto Federal de Sergipe, Brasil
Email: herbet.oliveira@ifs.edu.br
Fernanda Martins Cavalcante de Melo
Mestra em Engenharia Civil, Instituto Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: fernanda.melo@ifs.edu.br
Vanessa Gentil de Oliveira Almeida
Mestra em Engenharia Civil, Instituto Federal de Sergipe, Brasil
Email: vanessa.gentil@hotmail.com

Resumo

A busca pelo uso de materiais alternativos é uma medida que visa contribuir com o desenvolvimento sustentável no âmbito da construção civil. Como este setor consome grande quantidade de recursos naturais e é responsável por liberar uma grande quantidade de dióxido de carbono na atmosfera ao produzir o cimento Portland, a utilização de resíduos provenientes do processo de fabricação das indústrias, os quais seriam descartados, muitas vezes de forma inapropriada, contribui para uma maior proteção ao meio ambiente. Dessa maneira, o principal objetivo dessa pesquisa é verificar a aplicabilidade de resíduos têxteis (lodo e cinza de madeira) em matrizes cimentícias, por meio da caracterização física e química destes resíduos gerados em uma indústria do município de Estância/SE. Os resíduos foram submetidos aos ensaios de caracterização quanto a sua composição granulométrica, massa específica, massa unitária, índice de finura, limite de liquidez, composição química (EDS para o Lodo e FRX para a Cinza) e teor de matéria orgânica. Por fim, diante dos resultados obtidos acredita-se que estes resíduos possam ser utilizados como substituto parcial do agregado miúdo na produção de argamassas ou concreto sem causar prejuízos significativos ao desempenho desses materiais.

Palavras chave: Resíduos. Lodo têxtil. Cinza de Madeira.

Abstract

The search for the use of alternative materials is a measure that aims to contribute to sustainable development in the field of civil construction. As this sector consumes a large amount of natural resources and is responsible for releasing a large amount of carbon dioxide into the atmosphere

when producing Portland cement, the use of waste from the manufacturing process of industries, which would be discarded, often inappropriate, contributes to greater protection of the environment. Thus, the main objective of this research is to verify the applicability of textile residues (sludge and wood ash) in cementitious matrices, through the physical and chemical characterization of these residues generated in an industry in the municipality of Estância/SE. The residues were submitted to characterization tests regarding their granulometric composition, specific mass, unitary mass, fineness index, liquidity limit, chemical composition (EDS for sludge and FRX for ash) and organic matter content. Finally, given the results obtained, it is believed that these residues can be used as a partial substitute for fine aggregate in the production of mortar or concrete without causing significant damage to the performance of these materials.

Keywords: Waste. Textile slime. Wood Ash.

1. Introdução

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e Confecção (ABIT), em 2023, o Brasil é um dos quatro maiores produtores de malhas de tecido do planeta, possuindo a maior esfera têxtil do Ocidente, composta desde a plantação de algodão até o varejo (ABIT, 2023). Em virtude disso, torna-se inevitável a geração de resíduos sólidos, como é o caso do lodo têxtil e da cinza de madeira, os quais derivam-se dos processamentos de fabricação dos tecidos.

O Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) afirma que 71% dos resíduos gerados no Brasil em 2019 foram destinados para aterros (SNIS, 2019). De acordo com Madurwar, Meshram e Raut (2022), este direcionamento causa impactos ambientais a longo prazo, pois a lixiviação destes materiais pode contaminar o solo e os lençóis freáticos. Diante disso, a reutilização destes subprodutos como fonte de recursos age como um instrumento de preservação ambiental (ZONATTI, 2016).

Em Estância, existem três grandes empresas que atuam no setor têxtil, as quais geram alguns resíduos resultantes dos seus processos de produção, tais como: o lodo têxtil, as cinzas de madeira, a fibra de tecido, restos de goma, óleos usados e embalagens diversas.

Visando os possíveis benefícios oriundos da incorporação desses resíduos têxteis em matrizes cimentícias, a caracterização destes é importante para conhecer as suas propriedades e assim avaliar em quais condições a sua aplicação como insumo para construção civil é mais viável, contribuindo dessa maneira com a sustentabilidade. Assim, a presente pesquisa visou analisar a aplicabilidade do lodo residual, proveniente do tratamento de efluentes, e das cinzas de madeira, produzidas na caldeira, de uma indústria têxtil do município de Estância/SE. Para isso foi realizada a caracterização física e química dos resíduos.

2. Metodologia

2.1 Matérias primas

O lodo têxtil utilizado foi proveniente do efluente de uma fábrica têxtil localizada no município de Estância/SE. O lodo foi coletado na própria empresa em

estado semissólido e, posteriormente, foi exposto sobre uma lona na área externa do laboratório de materiais de construção do Instituto Federal de Sergipe (IFS), para secagem superficial e eliminação de odores. Em seguida, o material foi seco em estufa com 110 ºC, até se obter massa constante. Além disso, o resíduo passou por um processo de destorroamento com auxílio do almofariz e pilão e, em seguida, foi levado ao moinho de bolas e peneirado.

A cinza de madeira utilizada foi coletada em forno de aquecimento das caldeiras e foi submetida ao peneiramento em peneira (300 µm) e secagem em estufa com temperatura de 110 ºC por 24 horas para dar início aos ensaios de caracterização.

Os ensaios de caracterização das propriedades do lodo e da cinza de madeira foram realizados segundo as normas técnicas apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Propriedades físicas e químicas dos resíduos (Autores, 2023).

Propriedades	Normalização
Composição granulométrica	NBR 17054 (ABNT, 2022)
Massa específica	NBR 6458 (ABNT, 2017)
Massa unitária	NBR 16972 (ABNT, 2021)
Índice de finura	NBR 11579 (ABNT, 2013)
Limite de liquidez	NBR 6459 (ABNT, 2016)
Lodo têxtil Espectroscopia por Dispersão de raios-X (EDS)	-
Cinza de madeira Espectroscopia por Fluorescência de raios-X (FRX)	-
Teor de matéria orgânica	NBR 13600 (ABNT, 2022)

Fonte: Autores, 2023.

2.2 Ensaios de Caracterização dos Resíduos

Composição Granulométrica: Para o lodo e a cinza, que são materiais pulverulentos, foram separados em duas amostras de 300g e passados nas peneiras da série normal, conforme a NBR 17054 (ABNT, 2022) – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Após o ensaio, foi possível obter a dimensão máxima característica, como também o módulo de finura dos resíduos. Na Figura 1, podem ser visualizadas as peneiras utilizadas para a realização deste ensaio.

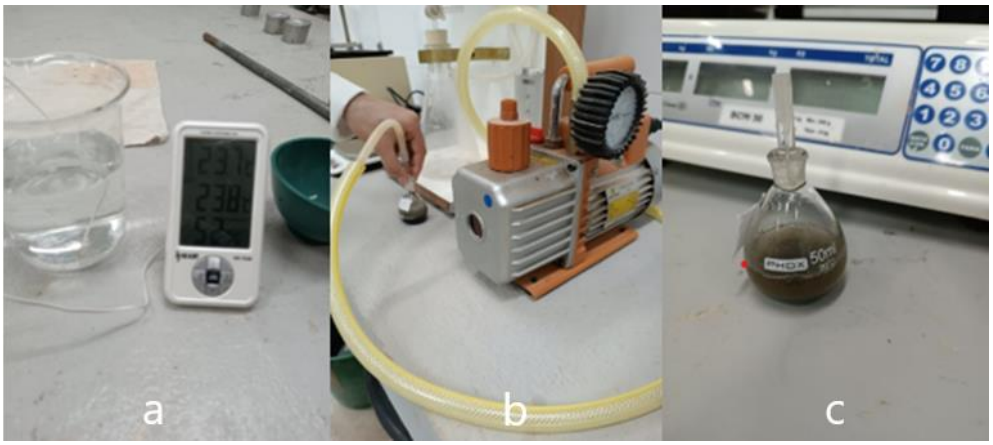
Figura 1 - Peneiras para análise granulométrica



Fonte: Autores, 2023.

Massa Específica: Os resíduos foram ensaiados segundo a NBR 6458 (ABNT, 2017) – Grãos de solo que passam na peneira de abertura 4,8 mm – Determinação da massa específica. Na Figura 2, são apresentadas algumas etapas desse processo. As etapas (a), (b) e (c) representam respectivamente a medição da umidade da água, a extração do ar contido no recipiente antes da amostra ser pesada e o recipiente contendo água e o resíduo.

Figura 2 - Etapas do ensaio de massa específica



Fonte: Autores, 2023.

Massa Unitária: Para a determinação da massa unitária dos resíduos, foram utilizados dois métodos (A e C) prescritos pela NBR 16972 (ABNT, 2021) – Agregados: Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Os resultados para a massa unitária são expressos pela Equação 1:

$$P_{ap} = \frac{m_{ar} - m_r}{V} \quad (1)$$

Em que:

P_{ap} = Massa unitária;

M_{ar} = Massa do recipiente + resíduo;

M_r = Massa do recipiente vazio;

V = Volume do recipiente.

Índice de Finura: O índice de finura foi avaliado nos resíduos, mediante a NBR 11579 (ABNT, 2013) – Cimento Portland: Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (n° 200). Os resultados obtidos derivam da relação entre o resíduo retido na peneira e a massa total do resíduo, sendo expresso pela Equação 2:

$$I_F = \frac{r * F_c}{m} * 100 \quad (2)$$

Em que:

I_f = Índice de finura;

F_c = Fator de correção da peneira;

m = Massa total do resíduo;

r = Massa do resíduo retido na peneira.

Limite de Liquidez: O lodo têxtil e a cinza de madeira foram ensaiados com relação ao limite de liquidez de acordo com a NBR 6459 (ABNT, 2016) – Solo – Determinação do limite de liquidez. Na Figura 3 podem ser observadas algumas etapas do processo.

Figura 1 - Ensaio Limite de Liquidez



Fonte: Autores, 2023.

Composição Química: O método a ser utilizado para a análise química do lodo foi a Espectroscopia por Dispersão de raios-X (EDS), pelo método Phi-Rho-Z. Esta técnica consiste na identificação dos elementos químicos a partir da emissão de um feixe de elétrons sobre a amostra sólida, implicando assim em uma colisão entre os elétrons. Desse modo, determinados elementos químicos emitem raios-X característicos. Para a análise da composição química da cinza, foi utilizada a Espectroscopia por Fluorescência de raios-X (FRX), realizada à vácuo em uma amostra prensada em forma cilíndrica com 60 mm e 5 mm, para o diâmetro e a espessura, respectivamente. O equipamento utilizado foi um EZ Scan, do Primini Rigaku.

Teor de Matéria Orgânica: Os resíduos sólidos utilizados na pesquisa foram ensaiados com relação a sua quantidade de matéria orgânica com base na NBR 13600 (ABNT, 2022) – Solo – Determinação do teor de matéria orgânica por queima a 440 °C, por 2 duas horas, de modo adaptado para a quantidade de horas do material na mufla. Nas Figuras 4 e 5 podem ser observados os materiais antes e após a mufla.

Figura 4 - Resíduos antes da mufla



Fonte: Autores, 2023.

Figura 2 - Resíduos após a mufla



Fonte: Autores, 2023.

3. Resultados e Discussão

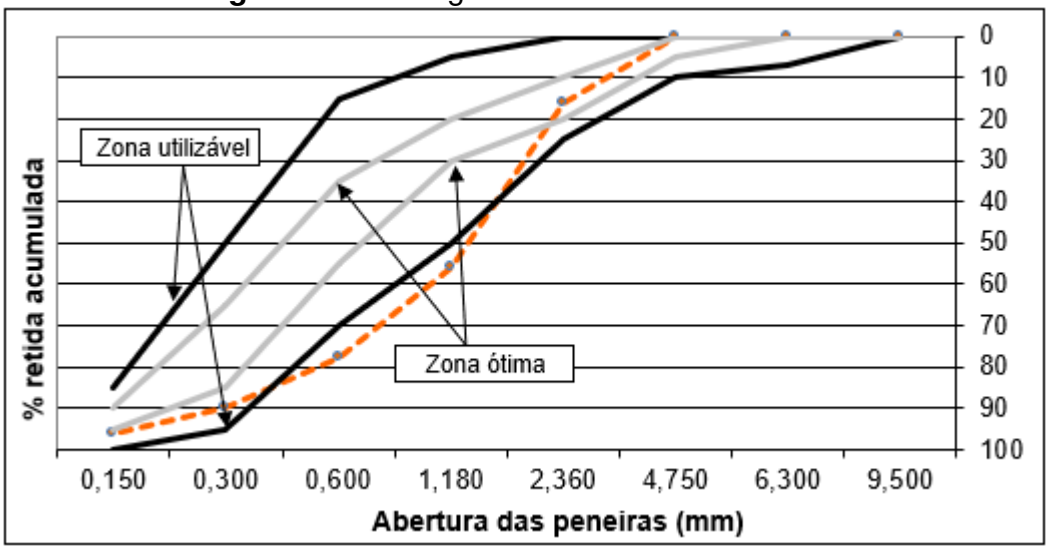
Na Tabela 1 e na Figura 6 podem ser visualizados os valores referentes à composição granulométrica do lodo têxtil e os resultados para a granulometria da cinza podem ser observados na Tabela 2 e Figura 7.

Tabela 1 - Distribuição granulométrica do lodo têxtil

Peneiras (mm)	Porcentagem (%)	
	Retida acumulada	Passante acumulado
4,75	0	100
2,36	16,13	83,87
1,18	55,69	44,31
0,6	77,78	22,22
0,3	89,71	10,29
0,15	96,15	3,85
Fundo	100,00	0
Total	100	
Dimensão máxima característica (mm)		4,75
Módulo de finura		3,35

Fonte: Autores, 2023.

Figura 3 - Curva granulométrica do lodo têxtil



Fonte: Autores, 2023.

O resultado obtido para o lodo têxtil referente ao módulo de finura foi igual a 3,35 e, com esse valor, o resíduo enquadra-se na zona utilizavel superior de areias utilizadas em argamassas e concreto que tem variação do módulo de finura entre 2,90 e 3,50 de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2022). Esta característica não

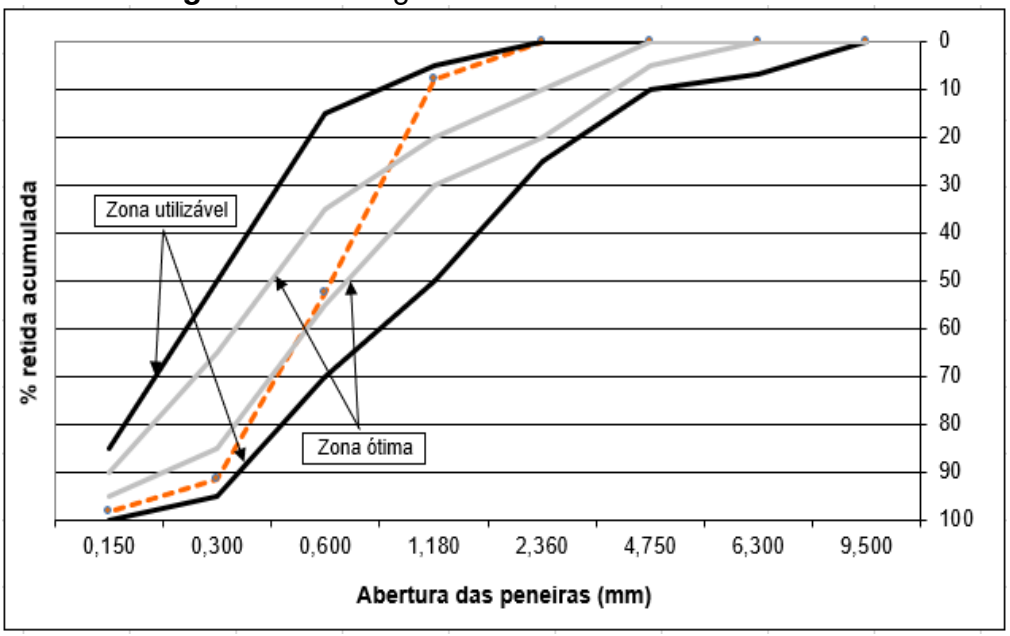
impede o material de ser utilizado em matrizes cimentícias como subtituto parcial do agregado míudo, tendo em vista que os tamanhos dos grãos do resíduo são classificados em frações distintas de areia.

Tabela 2 - Distribuição granulométrica da cinza de madeira

Peneiras (mm)	**Percentual (%)**	
	Retida	**Passante acumulado**
4,75	0	100
2,36	0	100
1,18	8,06	91,94
0,6	44,40	47,54
0,3	39,22	8,32
0,15	6,65	1,67
Fundo	1,67	0
Total	100	
Dimensão máxima característica (mm)		2,36
Módulo de finura		2,50

Fonte: Autores, 2023.

Figura 4- Curva granulométrica da cinza de madeira



Fonte: Autores, 2023.

Em relação a distribuição granulométrica, o resíduo obteve diâmetro máximo de 1,18 mm e módulo de finura igual a 2,50 e, de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2022), o resíduo detém classificação na zona ótima, a qual varia os módulos de

finura entre 2,20 a 2,90. A inserção do resíduo na zona ótima favorece a utilização da cinza de madeira em matrizes cimentícias devido a sua semelhança granulométrica com o agregado miúdo, o qual é utilizado na produção de argamassas e concreto.

Com relação a massa específica, massa unitária e índice de finura dos resíduos os resultados podem ser observados tanto para o lodo como para a cinza nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Propriedades físicas do Lodo Têxtil

Propriedade	Resultado	Desvio Padrão
Massa Específica (g/cm^3)	1,80	0,016
Massa Unitária (g/cm^3)	C: 0,91 S: 0,85	C: 0,005 S: 0,006
Índice de Finura (%)	96,34	-
Limite de Liquidez (%)	Não Plástico	-

Legenda: C-compactado; S-solto.

Fonte: Autores, 2023.

Com relação ao lodo, o resultado de 1,80 g/cm^3 obtido torna-se coerente com demais presentes na literatura, tendo em vista o valor intermediário entre os observados por Leloup (2013) de 1,78 g/cm^3 e Vermollen (2021) de 1,84 g/cm^3. As divergências dos valores advindos para a massa específica deste material podem ser oriundas dos métodos utilizados para o tratamento de cada efluente têxtil, os quais dão origem a este resíduo (VERMOLLEN, 2021).

Ademais, nos trabalhos presentes na literatura sobre o lodo têxtil, foi possível observar que este subproduto possui menor massa quando comparado com o cimento e areia. Desse modo, é possível que matrizes cimentícias produzidas com um percentual de lodo têxtil sejam mais leves do que as convencionais.

O resultado de massa unitária para o lodo foi aferido por dois métodos: compactado e solto. Os valores correspondentes a esse quesito para o lodo têxtil são menores quando comparados aos da areia encontrados na literatura. Há uma tendência de melhor desempenho gerada pelo aumento da massa unitária dos agregados em relação ao lodo que se apresentou mais leve (CARNEIRO; CINCOTTO; JOHN, 1997).

O índice de finura obtido para o lodo têxtil foi de 96,34%. Diante do exposto, compreende-se que o lodo têxtil apresenta características que dificultam a sua aplicação como substituto do cimento em matrizes cimentícias. Entretanto, há a possibilidade deste material ser empregado em substituição a areia (ALTIDIS, 2014; PON; ZAN, 2015).

Com relação ao ensaio de Indice de plasticidade a cinza de madeira apresentou-se não plástico.

Tabela 4 – Propriedades físicas da Cinza de Madeira

Propriedade	Resultado	Desvio Padrão
Massa Específica (g/cm^3)	2,84	0,014
Massa Unitária (g/cm^3)	C: 0,57/S: 0,49	C: 0,002/ S: 0,016
Índice de Finura (%)	18,04	-
Limite de Liquidez (%)	Não Plástico	-

Legenda: C-compactado; S-solto
Fonte: Autores, 2023.

O valor referente a massa específica encontrado para a cinza mantém coerência com os presentes na literatura, pois é um valor intermediário entre os encontrados por Lima (2019) de 2,76 g/cm^3 e Leloup (2013) de 2,89 g/cm^3. Segundo Couto et al. (2018), a elevada massa específica da cinza está associada ao alto teor de óxido de cálcio comumente presente na composição do resíduo.

A cinza de madeira apresentou uma massa unitária menor do que a do lodo têxtil. Materiais que apresentam uma maior massa unitária promovem uma diminuição na quantidade necessária de ligante na mistura. (CARNEIRO; CINCOTTO; JOHN, 1997).

Para a cinza de madeira, o índice de finura obtido no ensaio correspondeu a 18,04%. Há uma defasagem quando esse resultado é comparado aos valores encontrados para o cimento. Em virtude disso, o direcionamento da cinza de madeira em substituição a areia aparenta ser uma medida mais viável na aplicação deste resíduo em matrizes cimentícias.

Os ensaios químicos são apresentados pelas Tabelas 5 e 6 e Figuras 8 e 9, sendo as primeiras referentes ao lodo e as demais à cinza de madeira.

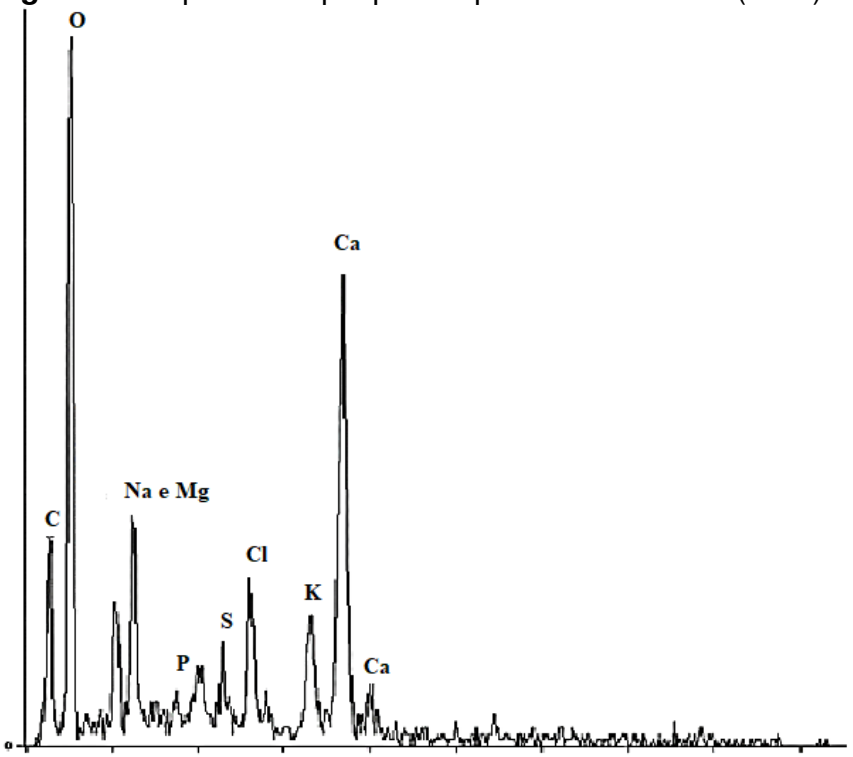
Tabela 5 - Composição Química do Lodo Têxtil

MATERIAL	CaO	SiO2	Al_2O_3	Fe_2O_3	SO3	MgO	K_2O	PF
Lodo (%)	4,70	9,95	27,07	7,85	5,25	2,25	0,83	42,10

Fonte: Autores, 2023.

Ressalta-se que a variação dos elementos do resíduo está relacionada com os tratamentos aplicados em cada etapa do processo fabril. O subproduto é composto majoritariamente por óxido de alumínio (Al_2O_3), além de quantidades relativas de óxidos de silício (SiO_2) e ferro (Fe_2O_3).

Figura 5 - Espectroscopia por Dispersão de raios-X (EDS)



Fonte: Autores, 2023.

Por meio da Espectroscopia por Dispersão de Raios-X (EDS) do lodo têxtil, foram identificadas a presença de: cálcio (Ca), magnésio (Mg), carbono (C), cloreto (Cl), potássio (K), sódio (Na), enxofre (S) e fósforo (P). De acordo com Oliveira (2014), a presença de cálcio no resíduo influência positivamente nas propriedades de dureza quando o material é aplicado em matrizes cimentícias.

Tabela 6 - Composição Química da Cinza de Madeira

MATERIAL	CaO	SiO2	Al_2O_3	Fe_2O_3	SO3	MgO	K_2O	PF
Cinza de Madeira (%)	15,45	4,58	0,46	2,26	4,34	6,25	8,79	57,87

Fonte: Autores, 2023.

O principal componente do resíduo é o óxido de cálcio (CaO) juntamente com demais óxidos como o de potássio (K_2O), Magnésio (MgO) e Silício (SiO_2). A presença dos óxidos de cálcio e silício indicam compatibilidade com matrizes cimentícias (ARRUDA et al., 2017, apud ALTIDIS, 2014). Reitera-se que a presença do silício pode promover novas fases cristalinas durante o processo de hidratação do cimento (BARBOZA, 2011).

Com relação ao teor de matéria orgânica os resultados obtidos corresponderam a 47% para o lodo têxtil e 6,44% para a cinza de madeira. Materiais com maior teor de matéria orgânica promovem uma maior quantidade de poros nas misturas, implicando assim em numa menor resistência à compressão (ANJOS, 2017).

CONCLUSÕES

O objetivo geral da pesquisa foi analisar por meio da caracterização física e química dos resíduos gerados (lodo têxtil e cinza de madeira) de uma indústria têxtil do município de Estância/SE suas possíveis aplicações em matrizes cimentícias.

Por meio da comparação dos valores encontrados nesta pesquisa com os existentes na literatura, torna-se perceptível que estes resíduos possuem características que os permitem serem utilizados em matrizes cimentícias. Acredita-se que um maior percentual desses resíduos possa ser utilizado como substituto parcial do agregado miúdo sem causar prejuízos significativos ao desempenho do produto final.

As perdas de desempenho oriundas da incorporação deste subproduto como observados na literatura podem estar associadas à quantidade de matéria orgânica que compõe o lodo têxtil, porquanto geram aumento na absorção de água e na quantidade de poros.

Além disso, no quesito da composição química da cinza de madeira, nota-se quantidade significativa de óxido de cálcio (CaO), fato este que implica a maior probabilidade de formação de cristais de silicato de cálcio hidratado (C-S-H). Isto pode ocasionar uma aceleração no processo de hidratação do concreto e assim melhorar o desempenho mecânico do material.

Diante do exposto, as caracterizações do lodo têxtil e da cinza de madeira permitiram conhecer as propriedades desses materiais e assim direcioná-los como recursos alternativos para a aplicação em matrizes cimentícias de modo a contribuir com a sustentabilidade do município de Estância e região.

REFERÊNCIAS

ALTIDIS, Marina Elizabeth Dias. **Desenvolvimento de compósitos utilizando lodo da indústria têxtil na produção de concreto não estrutural**. 2014. 110 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande, 2014;

ANJOS, D.C. **Estudo sobre a influência do lodo têxtil gerado por uma lavanderia industrial, aplicado em argamassa de cimento portland composto de fíler**. 2017. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Joinville, 2017;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro. 2000;

_____. **NBR 17054**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 2022;

_____. **NBR 6458**: Grãos de solo que passam na peneira de abertura 4,8 mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro. 2016;

_____. **NBR 6459**: Solo – Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro. 2016;

_____. **NBR 11579**: Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (n° 200). Rio de Janeiro. 2012;

_____. **NBR 13600**: Solo – Determinação do teor de matéria orgânica por queima a 440 °C. Rio de Janeiro. 2022;

_____. **NBR 16972:** Agregados – Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, 2021;

BARBOZA, Arthur Aurélio Santana. **Desenvolvimento de argamassas de revestimento com adição concomitante de cinzas de lenha e lodo têxtil gerados no APL de confecções de Pernambuco**. 2011. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Caruaru, 2011;

CARNEIRO, A.M.P.; CINCOTTO, M.A; JOHN, V.M. A massa unitária da areia como parâmetro de análise das características de argamassas. **Ambiente Construído**, v. 1, n. 2, 1997, p. 37-44;

COUTO, A.F. et al. Avaliação preliminar dos efeitos da substituição parcial do agregado miúdo por Cinza de Madeira de Eucalipto (CME) nas propriedades das argamassas. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v. 5, n. 2, 2018, p. 84-98;

LELOUP, Wilma de Albuquerque. **Efeito de lodo têxtil e cinzas de lenha gerados no APL de confecções pernambucano em argamassas de cimento Portland**. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Caruaru, 2013;

LIMA, Rodrigo Araújo Pereira. **Concretos autoadensáveis com incorporação de cinza de madeira da Algaroba como fíler alternativo**. 2019. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Caruaru, 2019;

MADURWAR, M.V.; MESHRAM, S.S.; RAUT, S.P. Use of industrial waste burnt residue to develop sustainable brick. **Materials Today: Proceedings**, v. 60, n. 1, 2022, p. 732-737;

OLIVEIRA, Alice Gonzaga de. **Estudo das propriedades mecânicas do lodo têxtil para fins de utilização em pavimentos rodoviários**. 2014. 112 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2014;

POON, C.S.; ZHAN, B.J. Study on feasibility of reutilizing textile efluente sludge for producing concrete blocks. **Journal of Cleaner Production**, v. 101, n. 15, 2015, p. 174-179;

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Painel de Informações Sobre Saneamento**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-setor-saneamento>. Acesso em: 28/04/2023

VERMOLLEN, Aturiê Felipe Melo. **Avaliação da influência da adição de lodo têxtil em propriedades de resistência de um solo tratado com cimento**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Joinville, 2021;

ZONATTI, Welton F. **Geração de resíduos sólidos da indústria brasileira têxtil e de confecção: materiais e processos para reuso e reciclagem**. 2016. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.