Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v3, 2022/03

ISSN 2178-6925

CARACTERIZAÇÕES FÍSICAS DAS CINZAS DO EUCALIPTO COMO ALTERNATIVA SUSTENTAVEL NA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND EM ARGAMASSAS

PHYSICAL CHARACTERIZATION OF EUCALYPTUS ASH AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE IN THE PARTIAL REPLACEMENT OF PORTLAND CEMENT IN MORTARS

João Pedro Noleto Barbosa

Mestrando PPGCFA, Universidade Federal do Tocantins, Brasil

E-mail: jpnoletobarbosa@gmail.com

Daniel Ramos de Souza

Mestrando PPGCFA, Universidade Federal do Tocantins, Brasil

E-mail: engdanielramos@hotmail.com

Raquel Marchesan

Profª.Drª, Universidade Federal do Tocantins, Brasil

E-mail: raquelmarchesan@mail.uft.edu.br

Priscila Bezerra de Souza

Profª.Drª, Universidade Federal do Tocantins, Brasil

E-mail: priscilauft@mail.uft.edu.br

Recebido 05/03/2022. Aceito 18/03/2022

Resumo

O uso de cinzas volantes, sílica ativa, escória ou outros materiais com potencial para adição mineral no cimento Portland, seja como pozolana ou filler, surgem como alternativas para problemáticas ambientais relacionadas a produção do cimento, pois, possibilita reduzir significativamente o consumo do cimento decorrente das substituições em porcentagens consideráveis. Dessa forma, o estudo tem por objetivo pesquisar a caracterização das cinzas do Eucalipto, com ensaios de massa

ISSN 2178-6925

especifica e índice de atividade pozolânica, como material com potencial para adição mineral ao cimento Portland. Diante do exposto, a pesquisa encontrou um valor da Massa especifica da Cinza do Eucalipto foi de 2,55g/cm3. Já o valor do IAP foi de 53,41%, abaixo dos 75% estabelecido em norma para a utilização desse subproduto como pozolana. Portanto, embora a cinza não seja adequada para uso como pozolana, a mesma pode ser utilizada como adição mineral, efeito filler, ao cimento.
Palavras-chaves: cimento Portand, caracterização física, eucalipto.

Abstract

The use of fly ash, silica fume, slag or with the potential to add mineral materials to Portland cement, either as pozzolan or filler, as alternatives to environmental problems related to cement, as they make it possible to significantly reduce cement consumption resulting from substitutions in considerable percentages. Thus, the study aims to investigate a specific mass characterization and pozzolanic activity index, as a material with potential to add Portland mineral to cement. In view of the above, a survey found a value of Eucalyptus Ash Specific Mass was 2.55g/cm3. The IAP was 53.41% below the 75% of the by-product value established in the standard for the use of this pozzolan. Therefore, although ash is not suitable for use as a pozzolan, it can be used as a mineral addition, filler effect, to cement.
Keywords: Portland cement, physical characterization, eucalyptus.

1. Introdução

Nos últimos 65 anos, a quantidade de cimento Portland produzido aumentou quase 34 vezes, enquanto a população aumentou menos de 3 vezes. Essa taxa de crescimento é muito maior do que outras commodities, como o aço. A maior disponibilidade per capita de cimento está relacionada à melhoria perceptível dos padrões de vida na maior parte do mundo. As quantidades de outros materiais de construção comuns, tais como madeira, aço, asfalto e blocos cerâmicos - são muito pequenas em comparação com o concreto.

Muito antes do aquecimento global se tornar uma prioridade, a indústria do cimento já buscava maneiras para reduzir a emissão de CO2. Desde 1999, com o lançamento da Cement Sustainability Initiative (CSI) no Conselho Empresarial

ISSN 2178-6925

Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD), a indústria tem sistematicamente coletado evidências e aprimorado suas estratégias. O estudo da IEA (International Energy Agency) concluiu que a meta de redução de emissões globais de 50% para manter o aquecimento global em menos de 2°C dos níveis pré-industriais exigiria uma redução geral de 18% na emissão de CO2 do setor de cimento até 2050. Dessa forma, a redução da pegada de carbono deve passar por toda cadeia produtiva do cimento Portland. (ENVIRONMENT, U. N. et al, 2018).

Várias outras formas de reduzir o impacto ambiental do concreto são investigadas, uma das pioneiras é formular concretos cada vez mais resistentes, de forma que menos concreto seja suficiente para desempenhar o mesmo trabalho. O princípio é reduzir o consumo de água da mistura, pois a água sobressalente evapora, forma poros e reduz a resistência e durabilidade do concreto. Os aditivos químicos evoluíram a ponto de se desenvolver concretos de ultra alto desempenho, atingindo resistências que ultrapassem 200 MPa. Porém, o cimento é o componente mais caro desses concretos. (CROW, 2008).

Dessa forma busca-se substituir o clínquer Portland por adições minerais, como cinzas volantes, escórias, sílica ativa, metacaulim, dentre outros, assim, uma das mais importantes e bem estabelecidas estratégias para mitigar o impacto ambiental da indústria cimenteira é a substituição do clínquer por outros materiais. Essa estratégia tem as vantagens de reduzir o consumo de energia e aumentar a produção sem a necessidade de novos fornos, promovendo economia na escala de produção. A substituição do clínquer por adições minerais é interessante também pela vasta disponibilidade dessas matérias primas e ainda é capaz de promover ganhos em relação à durabilidade da matriz de cimento, o que aumenta a vida útil das estruturas. É, portanto, uma estratégia eficiente na redução da emissão de CO2 (ENVIRONMENT, U. N. et al, 2018).

A partir dessa perspectiva, o estudo busca avaliar o potencial da cinza de lenha de eucalipto como adição mineral ao cimento com ênfase na caracterização física. Partindo do objetivo central, o estudo visa coletar a cinza de lenha de eucalipto proveniente de fornos de secagem de grãos em Gurupi, Tocantins e, na sequencia caracterizar a cinza de lenha de eucalipto quanto à sua características física.

ISSN 2178-6925

2. Revisão Bibliográfica

A palavra cimento é comumente utilizada para descrever um material com propriedades adesivas e coesivas que é capaz de aglomerar fragmentos minerais e formar uma unidade compacta, o que pode abranger uma variedade de materiais. Porém, na construção civil, refere-se ao cimento como um material aglomerante utilizado para unir pedras, tijolos, alvenaria. (NEVILLE, 2016).

Este cimento utilizado na construção civil é chamado Cimento Portland e pode ser definido, conforme Bauer (2019), como:

> Aglomerante hidráulico artificial, obtido pela moagem de clínquer Portland, sendo geralmente feita a adição de uma ou mais formas de sulfato de cálcio, segundo a ABNT NBR 11172:1990.

O cimento é o maior produto manufaturado da Terra em massa e é a substância mais utilizada no mundo depois da água. Um composto mineral que reage com a água e quando misturado com agregados minerais forma compósitos à base de cimento (concretos e argamassas), que constituem uma parte substancial do ambiente construído. Residências, grandes edifícios, pontes, e toda a infraestrutura urbana só é possível graças a esse material.

O concreto e a argamassa permanecem como materiais de construção com baixo custo e baixo consumo de energia. Um mundo mais justo e sustentável exigirá uma expansão substancial do ambiente construído, o que, por sua vez, aumentará a demanda por materiais à base de cimento. Enfrentar esse objetivo de acordo com as práticas normais de negócios envolveria um aumento inadmissível nas emissões de CO2 e, portanto, uma busca incansável por materiais cada vez mais ecoeficientes. (ENVIRONMENT, U. N. et al, 2018)

O cimento Portland é constituído majoritariamente de material calcário (rocha calcária) ou o giz, e de alumina e sílica encontradas em minerais argilosos ou folhelhos:

ISSN 2178-6925

> O processo de produção consiste em moer as matérias primas cruas até a obtenção de um pó bastante fino, misturá-las intimamente em proporções predeterminadas e queimá-las em um grande forno rotativo em uma temperatura próxima a 1400°C. No forno, ocorre a sinterização do material e sua fusão parcial na forma de clínquer, que após ser resfriado recebe uma determinada quantidade de gipsita (sulfato de cálcio), sendo então novamente moído até resultar em um pó fino. O produto resultante é o cimento Portland comercial, utilizado em todo o mundo. (NEVILLE, BROOKS, 2013).

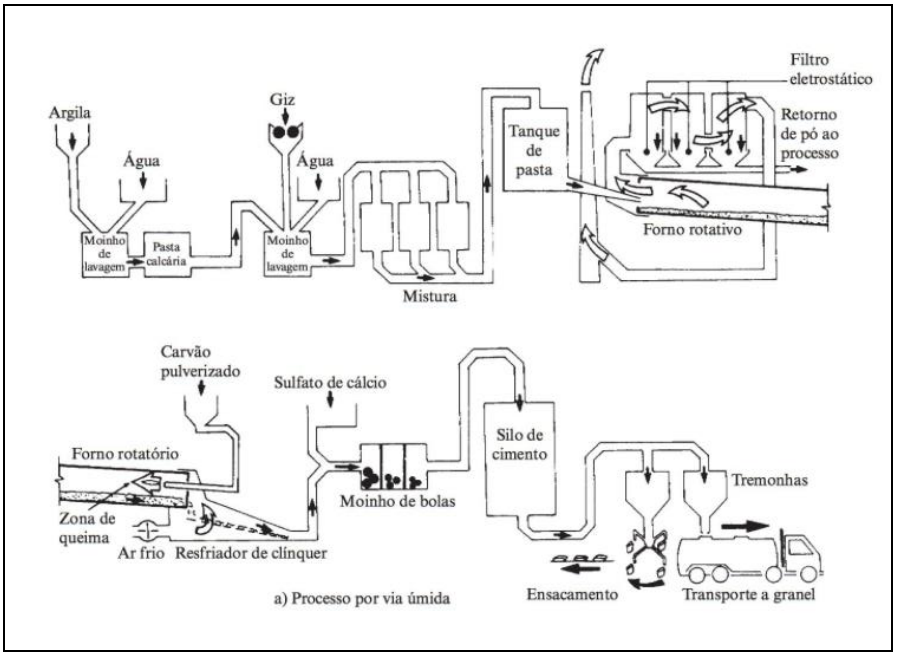
A mistura desses materiais é feita via seca como úmida, ou seja, podem ser misturados com auxilio de água e depois levado ao forno rotativo que, para atingir temperaturas superiores a 1400ºC, requer entre 100 e 350 kg de carvão por tonelada de cimento produzido:

> Como a mistura das matérias-primas se movimenta no forno no sentido descendente, ela encontra temperaturas progressivamente mais altas, de modo que várias reações químicas ocorrem ao longo do forno. Inicialmente a água é eliminada e CO_2 é liberado do carbonato de cálcio. Na sequência, o material seco passa por uma série de reações químicas, até que finalmente, na parte mais quente do forno, cerca de 20 a 30% do material se liquefaz e cal (óxido de cálcio), sílica e alumina se recombinam. A massa se funde na forma de esferas com diâmetros variáveis entre 3 e 25 mm, sendo esse material conhecido como clínquer. (NEVILLE, BROOKS, 2013).

Emite-se, portanto, CO2 durante o processo de fabricação de duas fontes associadas: existe o CO2 libero do carbonato de cálcio e também o emitido pela fonte de energia utilizada para aquecer os fornos rotativos.

ISSN 2178-6925

Figura 1 Processo de fabricação do cimento Portland



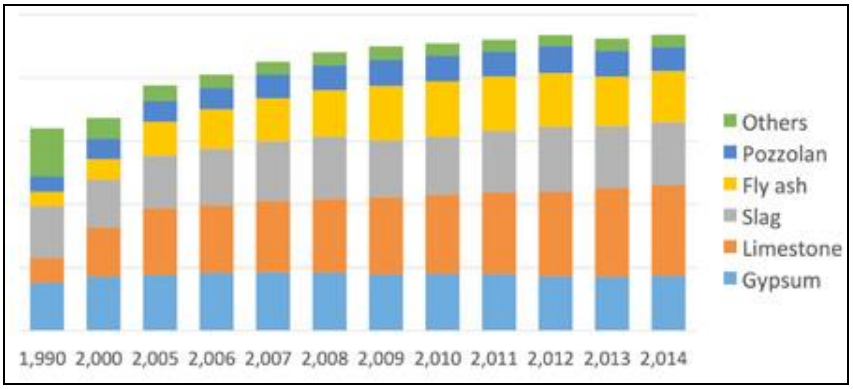
Fonte: Neville, Brooks (2013)

No sentido de se reutilizar e reciclar resíduos industriais e agrícolas é que a indústria da construção civil passou a empregar alguns destes, agora subprodutos, que seriam descartados em grande quantidade, muitas vezes de maneira inapropriada, com risco de contaminação do solo e de mananciais, na composição do cimento, concretos e argamassas na forma de adições minerais. (DAL MOLIN, 2005).

A figura 2 mostra a evolução da substituição do clínquer por outras adições minerais entre 1990 e 2014.

ISSN 2178-6925

Figura 2 substituição do clínquer por adições minerais



Fonte: ENVIRONMENT, U. N. et al, 2018

Sua maioria são pozolanas, tais como cinza volante (fly ash), argila calcinada (calcined clay) e materiais inertes, chamados de fíleres. Ambos, podem ser encontrados na natureza, mas também como subprodutos de outros processos industriais.

Nesse contexto, existem materiais alternativos surgindo como potenciais adições minerais. São as cinzas vegetais, ou biomassa.

3. Metodologia

A realização dos ensaios de caracterização física da cinza foi realizado Laboratório de Materiais e Estruturas do Centro Universitário Luterano de Palmas CEULP/ULBRA, onde foram executados dois ensaios conforme destacado abaixo.

O primeiro estudo foi a Massa Especifica da cinza, a qual este ensaio visa a determinação da massa específica da cinza e foi utilizando o frasco de Le Chatelier, figura 2, conforme preconiza a NBR 16605 (ABNT, 2017).

Figura 3: Frasco de Le Chatelier para o ensaio de Massa Específica

ISSN 2178-6925



Fonte: Próprio autor (2021)

Este ensaio foi realizado com aproximadamente 60 gramas de cinza, como indicado na norma, sendo os volumes V1 e V2 registrados e a massa específica calculada a partir da Equação 1.

$$\rho c = (m/(V_1-V_2)) \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Onde:

ρc: massa específica da cinza (g/cm³);

m: massa do cinza (60g);

V: diferença entre V_1 e V_2 (cm³)

O líquido utilizado foi o querosene, em caso de se utilizar a água poderia haver alguma reação, causando o endurecimento da cinza.

O segundo ensaio foi o Índice de Atividade Pozolânica, esse experimento é realizado para visualizar o índice de atividade pozolânica por meio da resistência mecânica após a cura úmida de uma mistura da pozolana com uma fonte de cálcio, que pode ser o cimento Portland, de acordo com o ensaio da NBR 5752 (ABNT, 2014). Dessa forma, o objetivo é o de determinar o potencial de utilização do material como adição aos cimentos Portland.

ISSN 2178-6925

O estudo com a mistura cimento-pozolana foi realizado a partir da produção de dois tipos de pastas de cimento; a primeira foi feita de cimento, areia e água, com traço 1:3 (aglomerantes: agregado) e a segunda foi elaborada de cimento, pozolana, areia e água, tendo 35% do volume do cimento substituído pela cinza com potencial de pozolana. Foram moldados em corpos-de-prova cilíndricos de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, os quais, após a cura úmida, foram ensaiados à compressão simples aos 28 dias.

Figura 4: Materiais utilizados para ensaio de IAP



Fonte: Próprio autor (2021)

Segundo normaliza a NBR 5752 (ABNT, 2014), a eficiência da pozolana foi avaliada pela relação entre as resistências do traço de referência e o traço com adição, sendo que o traço com pozolana deve apresentar valor superior a 75% da resistência da argamassa com o cimento Portland utilizado como referência.

4. Resultados e Discussão

As caracterizações físicas das Cinzas do Eucalipto, foram decorridas a partir de ensaios no Laboratório de Materiais e Estruturas do Centro Universitário Luterano de Palmas CEULP/ULBRA. A primeira análise foi a da massa específica

ISSN 2178-6925

da Cinza do Eucalipto, teve um resultado obtido conforme métodos da NBR 16605 (ABNT, 2017) de 2,55g/cm3. O solvente utilizado foi o querosene com uma amostra de 60 gramas de cinza.

Figura 5: Realização do ensaio de Massa Específica



Fonte: Próprio autor (2021)

A segunda análise física da Cinza do Eucalipto foi a determinação do Índice de Atividade Pozolânica. A NBR 5752 determina que sejam feitos rompimentos de corpos de prova de argamassa normal sem cinza e com 25% de adição de cinza em relação à massa de cimento aos 28 dias. A norma também sugere que, a fim de se manter uma trabalhabilidade mínima, pode-se abrir mão da utilização de um aditivo plastificante (ABNT, 2014). A tabela 1 mostra os consumos de materiais utilizados para determinação do índice de atividade pozolânica (IAP).

Tabela 1: Consumo de materiais IAP

IAP					
Composição	**Cimento**	**Cinza**	**Areia**	**Água**	**Aditivo**
T ref	624,00	0,00	1872,00	300,00	0,00%
T - 25%	468,00	156,00	1872,00	300,00	0,60%

Fonte: Autor (2021)

ISSN 2178-6925

A confecção dos corpos de prova, segundo NBR 5752 foi realizada conforme descrito na NBR 7215 (2019).

Figura 6: Produção de argamassa normal para IAP



Fonte: Próprio autor (2021)

A tabela 2 apresenta os resultados de compressão axial dos 6 corpos de prova utilizados para determinação do IAP.

Tabela 2: Resultado IAP

Traço	**Idade**	**28**	**IAP**
T REF	**CP**	**Fcj**	
	1	26,40	
	2	28,30	
	3	27,30	
	4	24,60	
	5	28,60	
	6	27,70	
	Média	27,15	
T25%	**CP**	**Fcj**	**53,41%**
	1	17,50	
	2	15,30	
	3	13,30	
	4	13,10	
	5	12,70	
	6	15,10	
	Média	14,50	

Fonte: Próprio autor (2021)

ISSN 2178-6925

O IAP da cinza em relação ao cimento, aos 28 dias, foi de 53,41%, corroborando com a descaracterização desse material como uma pozolana, pois, segundo a NBR 12653 (ABNT, 2015), esse índice deve ser maior ou igual a 75%.

5. Conclusão

Portanto, segundo os dados do índice de atividade pozolânica, o valor estimado pela NBR 12653 de 75%, ficou bem abaixo dos 53,41% apresentados pela cinza do Eucalipto. Esse material não pode ser utilizado como pozolana na substituição parcial do cimento Portland, atribuindo assim a sua finalidade como adição mineral ao cimento.

Dessa forma, conclui-se que os resultados obtidos indicam que a cinza do eucalipto apresenta um baixo potencial pozolânico, dessa forma, indica-se a realização de ensaios complementares como análise química, mineralógica, microestrutural e estudos no estado endurecido das cinzas, para estudos mecânicos e de durabilidade e, consequentemente para análise da sua substituição ao cimento Portland.

Referências

_____. **NBR 16605:** Cimento Portland e outros materiais em pó-Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. **NBR 5752:** Determinação do índice de desempenho com o cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **NBR 7215:** Cimento Portland–Determinação da Resistência à Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

_____. **NBR 16697:** Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ISSN 2178-6925

_____. **NBR 7214:** Areia normal para ensaio de cimento - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 9778:** Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 12653:** Materiais pozolânicos — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

CROW, James Mitchell. **The concrete conundrum**. Chemistry World, v. 5, n. 3, p. 62-66, 2008.

DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho. Adições minerais para concreto estrutural. **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**, v. 1, p. 345-379, 2005.

ENVIRONMENT, U. N. et al. **Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO2 cement-based materials industry**. Cement and Concrete Research, v. 114, p. 2-26, 2018.

FALCÃO, BAUER,.L. A. **Materiais de Construção** - Vol. 1. LTC: Grupo GEN, 2019.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**, 6 ed, Porto Alegre, Bookman Editora, 2016.

NEVILLE, Adam M. **Tecnologia do concreto**. Bookman Editora, 2013.