

01-012 - Análise de desempenho da aplicação das cinzas da algaroba nas argamassas, substituindo parcialmente o cimento Portland, e no concreto betuminoso à quente

LIMA, B. F. B.^{a,*}; BARROS, T. C. M. F. De.^a; MEDEIROS, I. S.^b.

^a UNIFACOL, Engenharia Civil, Centro Universitário Facol, R. Pedro Ribeiro, 85 -
Universitário, Vitória de Santo Antão - PE, Brasil.

^b UFPE, Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Marielle Franco, s/n -
Km 59, Caruaru - PE, Brasil.

* *bia_lima_10@botmail.com*

Resumo

As cinzas da algaroba têm em sua composição os principais componentes do clínquer, incorporá-las nos materiais de construção levaria a uma redução nos impactos ambientais causados, visto que o resíduo é descartado no meio ambiente sem controle.

Uma possibilidade de reaproveitamento da cinza é na substituição do cimento Portland nas argamassas, já que ele libera grande quantidade de CO₂ em sua produção. Outra maneira é incorporá-la no concreto betuminoso usinado a quente, pois a pavimentação requer a exploração excessiva de recursos naturais. Este artigo visa avaliar a viabilidade do uso das cinzas, levando em consideração se há comprometimento das características iniciais do material de construção, para chegar à conclusão sobre a(s) alternativa(s) que possui viabilidade para ser utilizada.

Serão avaliados o traço e teor de substituição para garantir a integridade das propriedades dos materiais ao fazer a substituição de seus componentes.

Palavras-chave: *Construção civil. Sustentabilidade. Cinza de algaroba. Cimento Portland. Concreto Betuminoso.*

Performance analysis of the application of mesquite ash in mortars, partially replacing Portland cement, and not hot bituminous concrete.

Abstract

The mesquite ash has in its composition the main components of clinker, incorporating it in construction materials would lead to a reduction in the environmental impacts caused, since the waste is discarded in the environment without control.

One possibility of reusing ash is to replace Portland cement in mortars, as it releases a large amount of CO₂ in its production. Another way is to incorporate it into hot-machined bituminous concrete, as paving requires excessive exploitation of natural resources.

This article aims to assess the feasibility of using ash, taking into account whether there is a compromise in the initial characteristics of the construction material, in order to reach a conclusion on the alternative (s) that have feasibility to be used.

The trace and replacement content will be evaluated to ensure the integrity of the material properties when replacing its components.

Keywords: Construction. Sustainability. Mesquite ash. Portland cement. Bituminous Concrete.

1 Introdução

De acordo com AUGENBRO E PEARCE (1998) [1], a construção civil é um dos setores que mais consome recursos naturais e, por consequência, sendo uma das maiores fontes que causam impactos ambientais. Assim, é necessário se atentar às questões sustentáveis e inseri-las em seu plano de obra de maneira consciente, mas que também seja viável financeiramente, visto que iniciativas que elevem o custo das obras não são bem recebidas por aqueles que as financiam. Diante disso, surge a temática sobre o reaproveitamento de resíduos como a cinza da algaroba, para que sua disposição final não seja feita diretamente em solos, rios ou no ar e também para diminuir o custo com os materiais que serão substituídos.

A queima de madeiras resulta na produção de cinzas as quais podem causar a poluição atmosférica e, de acordo com ALMEIDA *et al.* (2015) [2], a construção civil consome cerca de

66% de toda madeira que é extraída, gerando resíduos e poeira tanto no processo de extração quanto na obra. Segundo VIDELA *et al.* (2013) [3], o processo de queima da biomassa está entre as maiores fontes emissoras de partículas finas (compostos poluentes) na América do Sul. Quando não há controle para o descarte dessas cinzas, a degradação ambiental se torna crescente, gerando preocupações, visto que, o meio ambiente está cada vez mais devastado e os recursos naturais, como destaca o Relatório Planeta Vivo da Rede WWF (2010) [4], estão entrando em déficit devido a superexploração. KLEIN E GONÇALVES-DIAS (2017) [5] também vai descrever a indústria da construção civil como o principal setor consumidor dos recursos naturais.

Os estudos sobre a incorporação do resíduo do processo de queima da algaroba na construção civil estão em crescente estudo, o que se torna uma solução para o descarte da cinza e também para o uso de materiais na obra, uma vez que a cinza entrará em substituição à outros materiais relativamente mais caros. A reutilização de resíduos acarretará ganhos nos âmbitos ambientais, econômicos e sociais (Ribeiro; Moura; Pirote; 2016) [6].

A primeira possibilidade analisada é o uso em substituição ao cimento aplicado nas argamassas, cujo benefício pretendido é diminuir a quantidade de cimento que implicará também na diminuição do custo da obra. Do ponto de vista ambiental, essa substituição implicará na diminuição da emissão de CO₂, tendo em vista que o processo de produção do cimento libera quantidades significativa na atmosfera.

A segunda possibilidade trata-se do uso da cinza substituindo o *filler*, no qual, este último material é responsável pelo enchimento do CBUQ. O principal ponto desta questão é atingir o rendimento satisfatório do material que será substituído, pois o *filler* desempenha inúmeras funções na mistura asfáltica, entre elas: melhora do comportamento mecânico e térmico, controle da resistência à fadiga e da flexibilidade, além de ser inerte aos demais materiais da mistura. Para isso, a granulometria é de extrema importância, pois existe um limite granulométrico ao qual o *filler* cumpre para atender a todos estes requisitos e que deve ser respeitado, também, pela cinza que irá substituir parte dele.

1.1 *Justificativa*

A reutilização de resíduos na construção civil é importante para amenizar os impactos ambientais devido ao descarte inadequado desses materiais. No entanto, é necessário estudar o comportamento técnico desses recursos ao serem inseridos em outras composições para comprovar a viabilidade de seu uso (Costa; 2019) [7].

1.2 *Objetivos*

- Análise comparativa entre o reaproveitamento das cinzas da algaroba substituindo o uso parcial do Cimento Portland empregado nas argamassas e em substituição do *filer* na pavimentação, a fim de estabelecer qual alternativa apresenta maior benefício para ser empregada.
- Avaliação da substituição da cinza da algaroba à porcentagens do cimento e do *filer*, de maneira comparativa, analisando as propriedades afetadas nessa substituição para comprovar sua viabilidade.

2 Metodologia de pesquisa

2.1 *Aplicação da cinza em substituição ao cimento*

Para a substituição parcial do cimento nas argamassas será avaliado o estudo realizado por MELO (2012) [8] onde parte do cimento Portland foi substituído pelo pó em porcentagens de 5%, 7%, 10%, 12% e 15%, em argamassas para reboco (revestimento final) e assentamento de tijolos cerâmicos (alvenaria), sendo levadas em consideração a influência da cinza nas argamassas em seus estados frescos e endurecidos.

MELO (2012) [8] utilizou, na composição da argamassa, o cimento CP II F-32 (CIMPOR) que não possui pozolana, a cal hidratada CH-I (CARBOMIL), areia de granulometria média para a argamassa de assentamento e areia de granulometria fina para o reboco e água. A cinza residual da algaroba foi obtida em uma olaria e passou pelo processo de peneiramento em malha de 0,15 mm.

Após realizar a caracterização de todos os materiais, MELO (2012) [8] definiu os traços das argamassas produzidas, avaliando o estado fresco e endurecido. Para o estado fresco foi analisado o índice de consistência, densidade de massa e, por fim, a obtenção dos resultados. Para o estado endurecido foi analisada a resistência à tração na flexão, resistência à compressão, resistência de aderência à tração, densidade de massa aparente e, por fim, obtenção dos resultados.

2.2 Aplicação da cinza no concreto betuminoso usinado a quente

Para a incorporação no concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), será avaliado o estudo realizado por MOURA (2017) [9], onde se utilizou a granulometria dos agregados graúdos e miúdos em proporção classificada na faixa C, de acordo com a NORMA DNIT (2006) [10], conforme apresenta a Tabela 1. As amostragens foram moldadas em corpo de prova para determinação do teor ótimo ligante. Foram realizados ensaios mecânicos, ensaio de resistência à tração, determinação do módulo de resiliência, resistência à fadiga e umidade induzida.

Tabela 10. Especificações granulométricas para agregados para traço de CBUQ das faixas A, B e C.

Peneira de malha quadrada		% em massa, passando			
Série ASTM	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerâncias
3/4"	19,1	60-90	80-100	100	± 7%
1/2"	12,7	-	-	80-100	± 7%
3/8"	9,5	35-65	45-80	70-90	± 7%
N 4	4,8	25-50	28-60	44-72	± 5%
N 10	2	20-40	10-45	22-50	± 5%
N 40	0,42	10-30	10-2	8-26	± 5%
N 80	0,18	5-20	8-20	4-16	± 3%
N 200	0,075	1-8	3-8	2-10	± 2%
Asfalto solúvel no CS2(+) %		4,0 – 7,0 Camada de ligação (Binder)	4,5 – 7,5 Camada de ligação e rolamento	4,5 – 9,0 Camada de rolamento	± 3%

Fonte: NORMA DNIT 031(2006) [10].

3 Resultados e discussões

3.1 Argamassas

Para o reboco foi utilizado a proporção de cimento e areia fina no traço de 1:3, e para o assentamento a proporção de cimento, cal hidratada e areia média no traço de 1:2:8. Para o teor de substituição de até 10% não há comprometimento da integridade e propriedades da argamassa tanto no estado fresco quanto no endurecido. MELO (2012) [8] faz a relação de que, utilizando a quantidade de 10 sacos do cimento, 1 cimento seria poupado, utilizando em média uma quantidade da cinza de 32 kg.

A cinza não apresentou comportamento pozolânico e o consumo de água para os dois traços foi equivalente ao que seria utilizado pelo cimento que foi substituído. A argamassa para reboco, a partir do teor de 7% de substituição, apresentou queda na sua resistência, além disso essa argamassa também apresentou queda na resistência à compressão. Já a argamassa para assentamento apresentou aumento na resistência para o teor de substituição de 5%, mas apresentou queda para os demais teores avaliados, a queda para a resistência à compressão também ocorreu para essa argamassa, mas de maneira menos acentuada do que a mencionada anteriormente.

A classificação do desempenho das argamassas com seus respectivos teores de substituição do cimento, está representada na Tabela 2 logo abaixo, tendo como referência os seguintes parâmetros:

Resistência à tração: baixo (entre 1,0 Mpa a 3,0 Mpa), médio (3,0 Mpa a 5,0 Mpa) e alto (acima de 5,0 Mpa);

Resistência à compressão: baixo (entre 2,5 Mpa a 4,0 Mpa), médio (4,0 a 8,0 Mpa) e alto (8,0 Mpa a 16,0 Mpa);

Consumo de água: baseado no consumo que seria utilizado ao empregar o cimento na mistura.

Trabalhabilidade: com base na facilidade de poder misturar, transportar e aplicar a argamassa em sua condição homogênea.

Obs: todos os parâmetros são com base no estudo citado. Os conceitos de baixo, médio e alto levam em consideração os resultados, obtidos pelo autor, entre si.

Tabela 2. Classificação do desempenho das argamassas, de acordo com o estudo tido como base, em baixo, médio e alto, após 28 dias.

Argamassa	Desempenho									
	Reboco					Assentamento				
Teor	5%	7%	10%	12%	15%	5%	7%	10%	12%	15%
Resistência à tração	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Resistência à compressão	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
Consumo de água	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Trabalhabilidade	Médio	Alto	Alto	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo

Fonte: Os Autores.

3.2 Concreto Betuminoso usinado a quente

No ensaio de granulometria feito por MOURA (2017) [9], a cinza atendeu à necessidade de substituir o *filler* por passar inteiramente na peneira 0,42 mm, e por passar numa porcentagem de 66,2% na peneira 0,075 mm. A caracterização física dos agregados com uso da cinza apresentou uma queda para abrasão, comparados a composição sem a cinza.

A NORMA DNIT 031 (2006) [10] – ES: Pavimentos flexíveis – Concreto Asfáltico – Especificação de serviço, especifica que as porcentagens de ligante relacionam-se com 100% da mistura dos agregados. O ligante não deve ser inferior a 4% e superior a 9%, tendo sua variação conforme a faixa granulométrica (A, B ou C) da mistura. No caso em estudo, o teor de ligante ótimo foi de 5,5%, cumprindo os requisitos de desempenho estabelecidos pelo DNIT, conforme representado na Tabela 1.

O estudo comprova que o uso da cinza atende à resistência à tração mínima, o módulo de resiliência não é consideravelmente influenciado e há ganho de fadiga no uso da cinza na mistura asfáltica. No geral, em diversos teores de substituição, a cinza residual da algaroba é eficiente na mistura asfáltica por apresentar um comportamento que atende aos requisitos destinado ao *filler*

na composição e, também, por não haver comprometimento nem queda nas propriedades da mistura.

4 Conclusões

Ambas aplicações da cinza residual da algaroba apresentam potencial para uso, tanto pelos benefícios apresentados no comportamento do material, quanto pelo fato de evitar o descarte da cinza, preservando o meio ambiente.

Nota-se que há limitações no teor da cinza ao substituir o cimento no estudo realizado por MELO (2012) [8], apenas obtendo êxito no uso de até 10% dela na substituição, pois ao ultrapassar esse valor, compromete-se as propriedades das duas argamassas empregadas (reboco e assentamento).

Quanto ao estudo de MOURA (2017) [9], para todos os teores aplicados, a cinza apresentou o comportamento esperado, não havendo limitação de uso e podendo explorar ainda mais o material, havendo maior redução no uso do *filler* e menor descarte da cinza do meio ambiente.

Sendo assim, diante de todos os benefícios apresentados pelos dois autores e seus respectivos estudos, a cinza apresenta maior liberdade e melhor aplicabilidade do seu uso no concreto betuminoso usinado a quente, por não apresentar impossibilidade de uso em nenhum dos teores usados, não havendo comprometimento das propriedades em nenhum dos casos analisados.

Agradecimentos

Agradecemos à instituição, em especial à coordenação, e aos professores Tacylla Barros e Iálysson Medeiros, envolvidos no desenvolvimento deste trabalho, por fornecer todo o suporte necessário para estudo e pesquisa do mesmo.

5 Referências

- AURGENBROE, G.; PEARCE, A. R. Sustainable Construction in the United States of America: a perspective to the year 2010. In: International Council for Research and innovation in Building and Construction. CIB-W82 Report, 1998. 32p.
- ALMEIDA et all. Identificação e análise dos impactos ambientais gerados na indústria da construção civil. Pombal: Informativo técnico do semiárido, 2015. Disponível em: <https://editoraverde.org/gvaa.com.br/revista/index.php/INTESA/article/view/3215>. Acessado em: 21/09/2020.
- Videla, F. C., Barnaba, F., Angelini, F., Cremades, P., Gobbi, G.P.. The relative role of amazonian and non-amazonian fires in building up the aerosol optical depth in South America: a five year study (2005–2009). Atmospheric Research, v. 122, p. 298-309, 2013.
- Relatório Planeta Vivo 2010. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/informacoes/biblioteca/?26162/Relatorio-Planeta-Vivo-2010>. Acessado em: 12/09/2020.
- KLEIN, Flávio Bordino; GONÇALVES-DIAS, Sylmara Lopes Francelino. A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. São Paulo: Desenvolvimento e meio ambiente, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/47703/32121>. Acessado em: 21/09/2020.
- RIBEIRO, Denise; MOURA, Larissa Santos de; PIROTE, Natália Stéfanie dos Santos. Sustentabilidade: Formas de Reaproveitar os Resíduos da Construção Civil. Disponível em: <https://revista.pgsskroton.com/index.php/rcger/article/view/3880>. Acessado em: 21/09/2020.
- COSTA, Letícia Araújo da. Influência do tipo de cura nas propriedades de resistência à compressão simples e absorção de água em argamassas incorporadas com a cinza de algaroba. 2019. 37 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi Árido, Ângicos, 2019.
- MELO, Fellipe César Andrade Costa de. Análise de argamassas com substituição parcial do cimento Portland por cinza residual de lenha de algaroba. Orientador: Maria das Vitórias Vieira Almeida de Sá. 2012. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
- MOURA. L. S., NÓNREGA. A. C., OLIVEIRA. S. M. Incorporação de cinzas de algaroba geradas no APL de confecções do agreste pernambucano em concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ.



Anais do 3º Seminário Baiano de Durabilidade e Desempenho das Construções
Salvador, Bahia, 09 a 12 de Dezembro de 2020

In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA, 18, 2015, Foz do Iguaçu. Expopavimentação. Foz do Iguaçu: Sincesp, 2015, p. 1-15.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.DNIT-ES
031/2006: Pavimentos Flexíveis –Concreto Asfáltico especificação de Serviço,. Rio de Janeiro, 2006.