

ESTUDO DO CONCRETO COM ADIÇÃO DO RESÍDUO PÓ-DE-SERRA DE *EUCALYPTUS SPP.*

Orli Nascente Filho¹, Thayná Stéfani Martins Oliveira², Francisco Almeida Ângelo³

1; 2. Concluinte 4º ano Curso Técnico Edificações-IFBA, Campus Eunápolis. Bolsista do IFBA/CNPq.

3. Pesquisador e Professor/Orientador, IFBA, Campus Eunápolis.

Resumo:

A reutilização de fibras vegetais como materiais de construção vêm ganhando espaço com o aumento de novas tecnologias ecológicas e de cunho socioeconômico. Esse trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade da adição de pó-de-serra (fibras) de eucalipto, cimento, areia, brita, aditivos e água na obtenção de traço de concreto que atenda as especificações de resistência adequada ao emprego nas construções civis, contribuindo para a redução dos resíduos, obtenção de estruturas de concreto mais leve e com melhor desempenho acústico e térmico. Na classificação granulométrica as amostras de pó-de-serra foram colocadas em diferentes peneiras (4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15 mm). O maior percentual retido de pó-de-serra foi nas peneiras de diâmetro 0,6 e 0,3mm. A partir da amostra de 201,59 g obteve-se peso médio de 71,54 e 73,80g de material retido em cada peneira, respectivamente, representando 72,09% da amostra. Já com a adição da peneira 0,15mm e o material retido no fundo passou para 92,48% da amostra. Os pequenos diâmetros das partículas das fibras de eucalipto favorecem a confecção e à homogeneidade das peças de concreto. Os traços de concreto foram de 1:2:4 (cimento, areia, brita), com pó-de-serra como aglomerante em substituição à areia. Os corpos-de-prova com diâmetro e altura (10 x 20) cm com o traço de 25% de pó-de-serra, apresentaram resistência do concreto à compressão (fck) de média de 23,995 MPa que atende a produção de peças de concreto como lajes, vigas e fundações.

Palavras-chave: Agregado miúdo; reciclagem de resíduos; sustentabilidade.

Apoio financeiro: IFBA/CNPq

Introdução:

O aproveitamento dos resíduos sólidos constitui uma atividade que deve ser estimulada, já que representa uma ameaça para o meio ambiente são considerados indesejáveis. Porém, com a identificação e a adequação de resíduos gerados do

beneficiamento das toras de eucaliptos na obtenção de materiais de construção de baixo custo e na confecção das peças de concreto.

O eucalipto é cultivado comercialmente no estado da Bahia em 32 municípios, tendo em Eunápolis significativa representação. O resíduo pó-de-serra (serragem) é gerado a partir do beneficiamento das toras de *Eucalyptus spp*, para a fabricação de caixas de madeiras para o transporte de frutas, de tábuas de tamanho variado, de peças para a construção de sofás, de móveis escolares e residenciais.

Essa pesquisa teve como objetivo estudar a viabilidade da adição de pó-de-serra (fibras) de eucaliptos, cimento, areia, brita, aditivos e água no traço do concreto, obtendo-se um material que atenda a funções de resistência adequada para o emprego nas construções civis, maior leveza por aliviar as cargas nas fundações, melhor desempenho acústico e térmico; a partir do aproveitamento dos resíduos gerados no beneficiamento das toras do eucalipto.

Metodologia:

A coleta de amostras do pó-de-serra de eucalipto ocorreu em seis madeiras situadas no entorno do IFBA, Campus Eunápolis, (França, Ponth, Líder, Martins e Fabrica de Moveis de Eucalipto). Nelas obtivemos informações e a doação dos resíduos para o estudo, figura 1(a) e (b). A madeira Líder, França e Martins produzem 50; 12 e 100 m³/mês respectivamente de pó-de-serra. Todas as madeiras visitadas utilizam serra fita de mesma espessura, figura 1(d).

As amostras foram pesadas, peso de matéria úmida, e em seguida levadas para a estufa a uma temperatura de 65±5°C por 48 horas, obtendo o peso de matéria seca, submetidas nas peneiras (4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15) mm determinados de acordo com a NBR NM 248:2003. Para o estudo da distribuição das dimensões dos grãos do pó-de-serra fez-se uso do agitador de peneiras por 15 minutos e uma frequência de 5 Hz, obtendo os pesos retidos nas peneiras e no fundo.

A análise, o controle e à qualidade do

concreto foi trabalhada no laboratório LISMAC/IFBA Campus Eunápolis, equipado com equipamentos e estrutura que atende aos cursos de edificações e engenharia civil.



Figura 1 - Eucalipto. (a) Toras e amostra do pó-de-serra; (b) Amontoado de pó-de-serra (c) Serra fita utilizada para a serragem da madeira (d) Exemplar da árvore no IFBA, Eunápolis. Fonte: Fangelo, 2016.

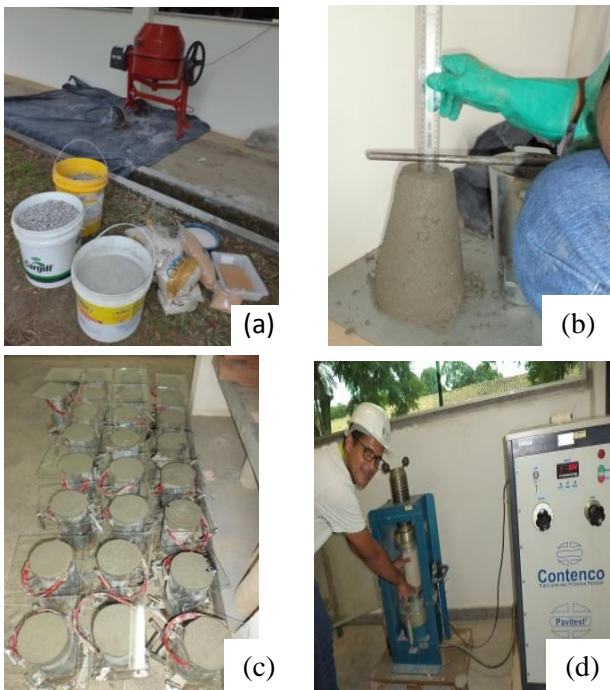


Figura 2 - Laboratório LISMAC. (a) Cimento, areia, brita 0 e 1 mais o pó-de-serra e a betoneira para o preparo do concreto; (b) Teste de Slump; (c) Corpos-de-prova com placa vidro em cima; (d) Prensa hidráulica rompendo corpo-de-prova. Fonte:Fangelo, 2016.

Para os ensaios do concreto foram utilizados cilindros para a moldagem de corpos-de-prova de (10 x 20) cm, com seis repetições cada, 0% PS (Pó-de-serra), 15% PS e 25% PS. Após 28 dias foram submetidos a ensaio de compressão diametral na prensa hidráulica, figura 2(d). Utilizou-se o Slump Test, figura 2(b), balança digital de precisão, peneiras de solos, baldes plásticos para a cura dos corpos-de-prova e misturador mecânico com eixo de rotação horizontal (betoneira), figura 2(a).

O cimento utilizado foi o CP II E 40 RS da marca MIZU, que possui escória com variação de 5% a 34% conforme a ABNT NBR-11578:1997, o que atende a necessidade específica, visto que no concreto existe elevada alcalinidade, o que afeta negativamente o pó-de-serra que possui composição orgânica. O cimento usado proporciona uma matriz com menor teor de hidróxido de cálcio como consequência há diminuição do ataque alcalino à lignina das fibras.

O aditivo utilizado foi o Liquiplast – 3000S que é um aditivo superplastificante e impermeabilizante indicado para o uso na produção de telhas de concreto. Utilizou-se a dosagem de 100 ml para 50 kg de cimento, o que representou 29 ml para todos os traços do estudo, figura 3 (a) e (b). O aditivo, areia e brita, foi doado pela Britaki, Eunápolis, BA.



Figura 3 - Aditivo superplastificante e impermeabilizante. (a) Mistura na água para o traço do concreto. (b) Pó-de-serra colocados em 50% da água com o aditivo antes de ser colocado na betoneira. Fonte: Fangelo, 2016.

O traço base para a moldagem dos corpos-de-prova foi de: 1:2:4 (cimento, areia e brita). Sendo que a brita foi dividida em partes iguais, ou seja, brita 0 (4,8 a 9,5) mm (50%) e brita 1 (9,5 a 19,0) mm (50%). Segundo a norma ABNT NBR-7211:2009, nos traços com 0% PS, 15% PS e 25% PS. O fator água/cimento utilizado foi de 0,68 l/kg.

Resultados e Discussão:

A umidade média do pó-de-serra encontrado nas seis madeiras pesquisadas da cidade de Eunápolis, BA, foi de 37,71%, o que representa um valor considerável.

Ao analisar a tabela 1, pode-se notar que os maiores percentuais retidos do pó-de-serra foram nas peneiras de diâmetro 0.6 e 0.3mm com a média de 71,54 e 73,80 gramas respectivamente o que representa 72,09% do médio das amostras. Já com a adição da peneira 0.15 mm o material retido no fundo passa para 92,48%, sendo esse fator relevante, pois segundo estudos de SILVA *et. al.* (2012) quanto menor o diâmetro da fibra melhor será a homogeneidade da matriz cimentícia. O que vêm de encontro com a pesquisa de TONOLI, (2009) na qual chegou ao resultado de que as fibras curtas de eucaliptos permitiram um reforço efetivo da matriz frágil, diminuindo a propagação das fissuras, o que contribuiu para o melhor desempenho mecânico dos compósitos após envelhecimento, apresentando como resultados promissores.

Tabela 1 - Granulometria do pó-de-serra retidos nas peneiras, das amostras coletadas nas seis madeiras, media e desvio padrão.

Peneira (mm)	Granulometria Pó-de-serra (g)	
	Média	Desvio Padrão
4.8	0.19	0.27
2.4	1,80	2.56
1.2	13.17	13.40
0.6	71.54	29.81
0.3	73,80	20.28
0.15	28.56	16.28
Fundo	12.54	8.02

$$\bar{m} = \sum xi/n \text{ (I)} \quad s = \sqrt{SQD/n-1} \text{ (II)} \quad C.V = 100. s/\bar{m} \text{ (III)}$$

Onde: \bar{m} - Média aritmética (m); $\sum xi$ - Somadas dos pesos do pó-de-serra (g); n - N° de observação; s - Desvio padrão; sqd - Soma dos quadrados dos desvios; CV - Coeficiente de variação (%).

A tabela 1 mostra um desvio padrão elevado entre as peneiras 0.6 e 0.3 mm quanto ao peso de material retido. O principal motivo encontrado se refere ao processo normal da técnica de travamento dos dentes da serra fita. No desdobramento, pequena parte da madeira é transformada em serragem (pó-de-serra), logo após cada travamento os resíduos gerados apresentam maior granulometria e, na medida em que o trabalhado vai se realizando, os dentes da serra fita vão se alinhando,

consequentemente, vai havendo uma redução nos tamanhos das partículas.

O desvio padrão, tabela 2, mostra o quanto de variação “dispersão” existe em relação à média dos ensaios de resistência à compressão do concreto “fck” dos corpos-de-prova nas seis repetições, indicando que a testemunha sem pó-de-serra (S= 9,10 Mpa) e os com 15% de pó-de-serra (S=5,57 Mpa) apresentam baixa dispersão. Ou seja, dados homogêneos, enquanto que os com 25% de pó-de-serra (S= 15,82 Mpa) está na faixa de média dispersão. O Slump Test mostrou o resultado de 3,5 cm de abatimento, figura 2(b).

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão do concreto “fck” dos corpos-de-prova cilíndricos de dimensão (10x20) cm. Testemunha e com Pó-de-serra (PS), media (\bar{M}) (I), desvio padrão (S) (II) e coeficiente de variação (CV) (III).

PS (%)	\bar{M} (MPa)	S (Mpa)	CV (%)
0	25.501	9.10	2.32
15	24.066	5.57	1.34
25	23.955	15.82	3.79

De acordo com a ABNT NBR 5739:2007 a avaliação do ensaio através do coeficiente de variação (cv) dentro do ensaio no intervalo de $3,0 < cv \leq 4,0$ é classificado como o Nível 2 (muito bom). O resultado deste estudo se enquadra neste intervalo para os ensaios de resistência à compressão do concreto “fck” dos corpos-de-prova com cv de 3,79% e 25% PS. Enquanto que os corpos-de-prova com 15% PS e 0% PS (1,34 e 2,32) estão no intervalo de $cv \leq 3,0$ como Nível 1 (excelente), tabela 2.

A norma que trata da resistência característica à compressão do concreto ABNT NBR 6118:2014 compreende a resistências dos elementos estruturais entre 20 a 50 MPa, Grupo I. Segundo PRINSKI, (1994) citado por VIEIRA FILHO, (2007) a classificação do concreto quanto à resistência à compressão aos 28 dias (f_{c28}) MPa entre 20 a 50 é classificado como concreto comum. Mesmo evidenciando uma classificação simples, adota este parâmetro como representativo da qualidade do concreto. De acordo com a tabela 2 os ensaios de resistência à compressão do concreto “fck” dos corpos-de-prova (CP) com media (\bar{M}) de 15% PS com 24,066 MPa e 25% PS com 23,955 MPa se enquadram no Grupo I. Podendo atender ao emprego em colunas, vigas baldrame, vigas médias, estrutura de concreto armado e lajes, como por exemplo, prédio de apartamentos.

Tabela 3 – Pesos dos corpos-de-prova (CP) com pó-de-serra (PS) em substituição a areia com médias na proporção de 15% PS e 25% PS e da testemunha com 0% PS.

PS %	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	\bar{M}
	kg						
0	3,73	3,67	3,70	3,68	3,70	3,71	3,70
15	3,60	3,54	3,58	3,56	3,57	3,51	3,56
25	3,44	3,43	3,45	3,44	3,41	3,37	3,42

De acordo com os dados da tabela 3, levando em consideração as médias, para o traço com 15% e 25% de pó-de-serra de eucalipto em relação à testemunha sem fibra vegetal houve uma redução no peso específico de 3,78% e 7,46% inferior ao padrão, respectivamente, promovendo uma redução no peso de 89,06 kg/m³ e 175,77 kg/m³, para o emprego do concreto nas obras de construção civil. Além desta vantagem atribuída as fibras vegetais, MOTTA, (2007) cita o baixo peso específico, ductilidade, existência em abundância. Seu uso é motivado ainda por serem renováveis, biodegradáveis, pela sua disponibilidade a baixo custo, muitas vezes como resíduos, possibilitando a produção de compósitos também viáveis economicamente.

Conclusões:

O presente estudo mostra que o pó-de-serra de *Eucalypto spp* obtido nas madeiras atende os requisitos quanto à granulometria, para ser utilizado como agregado miúdo. Ademais, o diâmetro pequeno das partículas das fibras favorece a confecção e a homogeneidade das peças de concreto, contribuindo com redução dos resíduos gerados no beneficiamento da madeira e podendo ser utilizados nas construções civis.

Os ensaios de resistência à compressão do concreto “fck” dos corpos-de-prova com pó-de-serra de *Eucalypto spp* em substituição a areia, com o uso do cimento adequado e aditivo, compreende a resistências dos elementos estruturais pré-estabelecidos, podendo ser empregado na construção civil.

O uso da fibra vegetal, proveniente de resíduos de fonte renovável, possibilitou uma redução considerável no peso do metro cúbico do concreto, além de poder contribuir para a diminuição da propagação das fissuras, funcionando como isolante térmico e acústico.

Referências bibliográficas:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5739:2007. Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

_____. ABNT NBR NM 248:2003. Agregados - Determinação da composição granulométrica;

_____. ABNT NBR-7211:2009. Agregados para concreto - Especificação;

_____. ABNT NBR-11578:1997. Cimento Portland composto – Especificação;

_____. ABNT NBR 5739:2007. Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos;

_____. ABNT NBR 6118:2014. Projeto de estruturas de concreto — Procedimento;

MOTTA, Leila Aparecida de Castra Caracterização de fibras curtas empregadas na construção Civil 1 Leila Aparecida de Castro Motta, Vahan Agopyan. - São Paulo: EPUSP, 2007. 23 p;

PRINSKI, L. High performance concrete-engineering properties and code aspects. IN. MALIER, Y., (ed). Hight Perfomenace Concrete from material to structure. 3. Ed. Londres, Chapman & Hall, 1994;

SILVA, Everton; MARQUES, Maria; Junior, C. F. aplicação de fibra de coco em matrizes cimentícias. Instituto Federal da Bahia (campus Eunapólis); Artigo, 2012;

TONOLI, Gustavo Henrique Denzin. Fibras curtas de Eucalipto para novas tecnologias em fibrocimento. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos de Universidade de São Paulo, São Carlos. 2009. 149p;

VIEIRA FILHO, José Orlando. Avaliação da resistência à compressão do concreto através de testemunhos extraídos: Contribuição à estimativa do coeficiente de correção devido aos efeitos do broqueamento. USP. Tese. 2007. 217p. (Doutorado em engenharia de construção civil e urbana). Universidade de São Paulo. São Paulo.