

## INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE CARVÃO VEGETAL EM COMPÓSITOS À BASE CIMENTÍCIA

*Marielza Corrêa dos Reis (marielzabjp@hotmail.com); Prof. Dr. Sheyla Mara Baptista Serra (sheyla.ufscar@gmail.com); mailto:Prof. Dr. João Vicente Zampieron (joao.zampieron@uemg.br)*

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - Brazil

Universidade Estadual do Estado de Minas Gerais (UEMG-Passos) - Brazil

**Palavras chave:** Resíduos de carvão vegetal, Compósitos cimentícios, Sustentabilidade, Sistemas construtivos.

*O uso de materiais suplementares em massas cimentícias vem se tornando crescente devido aos danos ambientais que a produção de cimento e a extração de agregados naturais podem causar ao meio ambiente. Os resíduos de carvão vegetal (RCV) apresentam-se como recurso renovável na incorporação de compósitos cimentícios. Pretendeu-se assim, avaliar a viabilidade técnica dos RCV como substituto parcial da areia fina em argamassas. A princípio, realizou-se um processo de beneficiamento e caracterização de amostras de RCV através das técnicas de análise do pH, e determinações analíticas. Em seguida, foi realizada a confecção das argamassas aplicando o RCV nos teores de 0%, 10%, 20% e 30% em substituição parcial a areia fina, mantendo constante a quantidade de cimento e a relação água/cimento. Após, foram realizados os ensaios de massa específica (densidade) e resistência à compressão. Os resultados mostraram o RCV como aglomerados de partículas, sendo constituído por Ca, Si, Mg, K e S. Considerando que as pozolanas isoladamente não possuem capacidade aglomerante e necessitam de uma fonte de cálcio, o emprego de RCV tende a atender tal demanda. Nos moldes de argamassa, observou-se um acréscimo na resistência à compressão, quando comparado à amostra de referência. Pode-se concluir que o uso de RCV em substituição parcial a areia fina melhora a resistência à compressão das argamassas, com trabalhabilidade aceitável e redução da absorção de água, demonstrando viabilidade técnica, redução do descarte inadequado de RCV e redução na extração de recursos não renováveis.*

### 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por materiais sustentáveis na construção civil leva a necessidade de dados técnicos e científicos para garantir a qualidade e confiabilidade desses materiais. Além disso, a utilização de resíduos agroindustriais produzidos em larga escala poderá mitigar os impactos ambientais negativos resultantes da disposição destes no ambiente e agregar valor a um novo produto.

A proposta desse estudo abrange dois temas muito importantes: a destinação de resíduos agroindustriais gerados em larga escala no Brasil para a produção de argamassas, e a influência dessa substituição/adição nas propriedades mecânicas de matrizes cimentícias.

O Brasil apresenta-se como o maior produtor mundial de carvão vegetal, contribuindo com cerca de 30% de todo o carvão produzido. A produção de carvão vegetal é realizada em carvoarias, onde são executadas as atividades produtivas desde o recebimento da madeira até o despacho do carvão processado. Todavia, parte de sua produção é arcaica, apresentando problemas ambientais e sociais, por envolverem atividades insalubres e de baixo nível de capacitação técnica (SILVA et al., 2014).

A construção civil posiciona-se no cenário industrial como um dos setores mais poluidores. Os processos industriais, tais como a fabricação de cimento, de cal e de produtos siderúrgicos justificam tal afirmação (POSSAN, FOGAÇA, PAZUCH, 2012). Alguns pesquisadores como Pacheco-Torgal, Jalali (2011) e Sellami, Merzoud, Amziane (2013), afirmam que a indústria da construção civil pode ser considerada como a principal responsável por uma grande quantidade de descartes de recursos não renováveis por consumir milhões de toneladas de rejeitos minerais e emitir toneladas de dióxido de carbono.

Considerando a quantidade de finos (material pulverulento) gerados na produção de carvão vegetal, e os materiais similares incorporados aos compostos à base de cimento cimentícias, como a cinza volante e a cinza de casca de arroz, já consagrados como adições minerais (ELIAS; SOARES; SOUZA, 2017) (VENKATANARAYANAN; RANGARAJU, 2014), torna-se importante a investigação da possibilidade deste resíduo em argamassas cimentícias. Com isso, espera-se verificar se o mesmo apresenta características pozolânicas e/ou cimentícias, que ao ser adicionado às matrizes cimentícias, melhore suas propriedades, caracterizando-o como uma adição mineral sustentável.

No âmbito ambiental, a incorporação ou estabilização de um resíduo, com alta finura e baixa densidade, como um material de construção, contribuiria ecologicamente com o crescimento sustentável da indústria geradora e economicamente com a redução dos custos dos compósitos cimentícios confeccionados, minimizando as agressões ambientais provenientes do descarte inadequado.

Economicamente, o mercado passaria a dispor de um novo tipo de aplicação para construções, potencialmente com custo mais baixo, uma vez que não demandaria de encargos necessários para a extração em jazidas e transporte de agregados finos.

Fazendo vistas aos fatores citados, somando a necessidade de reaproveitar os resíduos de carvão vegetal e agregar valor a eles, tem-se como principal alvo, confeccionar argamassas com diferentes teores de rejeitos de carvão vegetal (RCV), visando o uso em substituição parcial a areia fina, a fim de incorporar no setor da construção civil um arranjo mais sustentável.

### **1.1. Objetivo**

O objetivo do presente trabalho foi investigar a influência das misturas de argamassa em quatro níveis de adição, sendo eles, sem adição, com 10%, 20% e 30% de resíduos de carvão vegetal (RCV) em substituição parcial a areia fina, e avaliar as propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido.

Os objetivos específicos do estudo são:

- Avaliar o panorama da utilização de resíduos agroindustriais no setor da construção civil no Brasil com foco nos resíduos originários do beneficiamento do carvão vegetal e sua aplicação em massas cimentícias.
- Avaliar as formas de aplicação do RCV no mercado;
- Fazer um levantamento de informações acerca das pesquisas onde a biomassa já é utilizada;

## **2. MÉTODO DE ESTUDO**

O método utilizado para o desenvolvimento deste trabalho foi baseado, preliminarmente, na revisão da literatura, sendo esta indispensável para obter uma ideia precisa sobre o estado atual sobre o tema, bem como suas lacunas e a contribuição da investigação para o desenvolvimento do conhecimento. Em seguida, foi realizado o estudo de caso em uma

empresa produtora de carvão vegetal que se dispôs a colaborar com a pesquisa, cedendo os resíduos para as análises laboratoriais.

Posteriormente, estabeleceu-se um programa experimental a fim de avaliar as propriedades dos RCV e as propriedades mecânicas das matrizes cimentícias contendo tais resíduos em substituição parcial à areia fina.

### **2.1. Revisão teórica**

A coleta de dados desta pesquisa foi efetuada por meio de revisão integrativa, onde são referenciados livros e revistas técnicas, recursos da internet como acesso a teses, dissertações, artigos e publicações técnico - científicas e em bibliotecas digitais, nacionais e estrangeiras. As informações acerca da utilização do carvão vegetal para geração de matrizes cimentícias são esparsas. Mesmo que a tecnologia de incorporação de resíduos em argamassas já esteja consolidada, há grande dificuldade de se encontrar estudos com informações sistematizadas sobre RCV que sejam direcionados a esse tipo de utilidade.

Durante a elaboração deste estudo, esperou-se condensar e avaliar dados relevantes encontrados. Concentrou-se em pesquisas bibliográficas relacionadas à avaliação do aproveitamento de resíduos de silvicultura para produção de matrizes cimentícias. Foram abordadas as tecnologias existentes para empenho da biomassa, sua composição e a situação dos resíduos no Brasil. Foram analisadas quais as concepções tecnológicas de processo adotadas por empresas que utilizam os resíduos como parte integrante dos produtos cimentícios.

### **2.2. Programa Experimental**

O presente trabalho experimental foi realizado em parceria com uma empresa carvoeira do município de Passos-MG. O carvão vegetal é obtido a partir da queima/carbonização de madeira. Desde total, cerca de 80% do material é carvão vegetal pronto para uso e 20% considerado como resíduo. Enquadra-se como resíduo a moinha, o tissot e o material fino (pó).

As amostras foram coletadas pelos próprios funcionários da carvoaria e armazenadas em sacos de ráfia. No laboratório, as amostras de resíduos de carvão vegetal foram quarteadas conforme a NBR NM 26 (ABNT, 2001) para realização dos ensaios.

O programa experimental desenvolveu-se em três fases, conforme Figura 1. Na primeira fase realizou-se um processo de beneficiamento e caracterização dos materiais. Na segunda fase, foi realizado um estudo das argamassas aplicando o RCV em substituição parcial à areia fina nos teores de 0%, 10%, 20% e 30%. Na terceira e última fase, foram realizados ensaios de resistência mecânica para verificar a influência da aplicação do RCV nas argamassas.

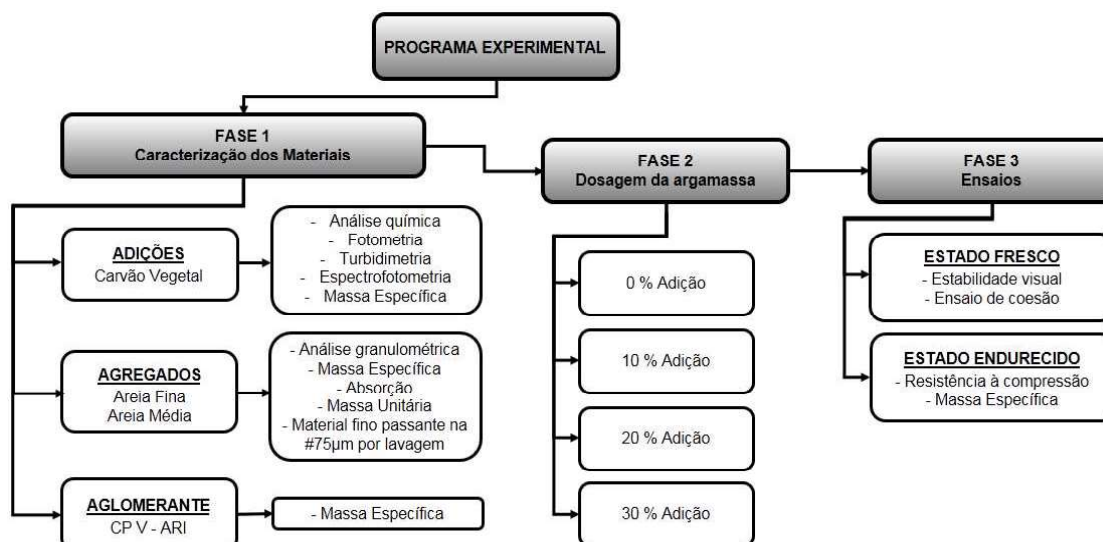


Figura 1. Fases do programa experimental.

A caracterização dos resíduos de carvão vegetal ocorreu no Laboratório de Análise de Solos e a confecção das amostras e os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), campus Passos.

### 2.3. Caracterização do Carvão Vegetal

A caracterização dos resíduos de carvão vegetal foi realizada pela determinação da massa específicas e pelas análises químicas a fim de determinar o percentual dos elementos químicos presentes nos RCV e analisar o efeito da sua incorporação sobre os compósitos cimentícios.

Tabela 1. Composição granulométrica RCV.

Peneira (mm)	MASSA RETIDA (g)	% RETIDA	% ACUMULADA	% PASSANTE
9,5	0,00	0,00	0,00	100,00
6,3	0,00	0,00	0,00	100,00
4,75	44,60	14,87	14,87	85,10
2,36	66,50	22,17	37,04	63,00
1,18	58,40	19,47	56,51	43,50
0,6	41,70	13,90	70,41	29,60
0,3	30,30	10,10	80,51	19,50
0,15	27,80	9,26	89,77	10,50
Fundo	30,70	10,23	100,00	0,30
TOTAL	300,00	100,00		
Diâmetro Máximo Característico (mm)				4,75
Módulo de Finura				3,49

O preparo da amostra consistiu na solubilização em ácido sulfúrico para ensaio de fotometria de chama na determinação de potássio (K) e sódio (Na), calorimetria na determinação de fósforo (P) e boro (Bo), turbidimetria na determinação de enxofre (S), método kjeldahl na determinação de nitrogênio (N), espectrofotometria na determinação de metais pesados e potencial hidrogeniônico (pH).

Os resíduos de carvão vegetal, foram secos e submetidos ao ensaio granulométrico segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003). Os resultados estão apresentados a seguir na Tabela 1. Por se tratar de um material que seria descartado, sem padrão, irregular, este ensaio consiste na caracterização do material encontrado in loco, sem que qualquer tipo de beneficiamento tenha sido realizado.

#### 2.4. Caracterização dos Agregados

Todos os agregados foram provenientes da região de Passos – MG. Foram utilizadas as tipologias de areia fina e de areia média. A escolha destes agregados foi baseada na disponibilidade de materiais da região, para a construção de um esqueleto granular adequado à fabricação das argamassas.

O preparo das amostras obedeceu às recomendações preconizadas pela NBR NM 27 (ABNT, 2001). Os ensaios empregados para caracterização dos agregados obedeceram às recomendações normatizadas pela NBR 7211 (ABNT, 2009).

#### 2.5. Caracterização Cimento CP V – ARI

O cimento Portland utilizado para este trabalho foi o CP V ARI fabricado pela Votorantim Cimentos, constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio hidráulicos, ao qual se adiciona durante a operação, de acordo com a NBR 5733 (ABNT, 1991). A escolha deste cimento se deveu ao fato do mesmo ser um produto que tem a peculiaridade de atingir altas resistências nos primeiros dias.

Os dados referentes às características físicas e químicas foram coletados em Boletim Técnico disponibilizado pelo fabricante e podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Boletim Técnico.

Boletim de Ensaios de Cimento															
<b>Produto:</b>	CPV-ARI Obras				<b>Norma:</b>	NBR 5733				<b>Atualizado em:</b>	30/06/2018				
<b>Marca:</b>	Itaú				<b>Unidade:</b>	Itaú de Minas				<b>Mês/ano de ref.:</b>	jun/18				
ENSAIOS	Químicos							Físicos e Mecânicos							
	Teores (%)			Finura (%)		Blaine	Água de consist.	Tempo de Pega		Expansib. A quente (mm)	Resistência à comp. (Mpa)				
	PF	MgO	para C <sub>2</sub> S	RI	# 200	# 325		(cm <sup>2</sup> /g)	Início (min)		Fim (min)	1 Dia	3 Dias	7 Dias	28 Dias
<b>Limites de Norma</b>	≤ 4,5	≤ 6,5	≤ 3,5	≤ 1,0	≤ 6,0	N/A	≥ 3000	N/A	≥ 60	≤ 600	≤ 5,0	≥ 14,0	≥ 24,0	≥ 34,0	N/A
<b>21/06/2018</b>	3,98	4,39	3,23	0,74	0,2	0,8	5410	32,80	170	280	1,0	29,40	35,40	39,60	–
<b>23/06/2018</b>	4,15	4,27	3,28	0,50	0,0	0,1	5360	32,10	170	310	0,5	29,00	34,70	39,60	–

Fonte: Votorantim Cimentos S/A (2018).

#### 2.6. Produção das argamassas

A moldagem das argamassas foi realizada tendo o traço de referência adotado de 1 : 1 : 1 : 0,55 (cimento : areia fina : areia média : a/c). Vale salientar que a proporção dos materiais foi determinada pelo teor de argamassa de concretos obtidos em estudos prévios conforme Bortoletto et al. (2017).

A areia fina foi substituída parcialmente pelo RCV nos teores de 0%, 10%, 20% e 30% (em volume), a relação água/cimento e a quantidade de cimento foram mantidas constante para

todas as misturas. Não foi realizado nenhuma compensação de massa dos materiais substituídos. Na Tabela 3 verifica-se as composições das argamassas.

Após a mistura, foram moldados corpos de prova cilíndricos de 5 x 10 cm (diâmetro x altura) conforme as especificações da NBR 7215 (ABNT, 1996). Os corpos de prova foram desmoldados após 24 horas da moldagem e acondicionados em câmara úmida (umidade relativa de 100 % e temperatura ambiente) até as respectivas idades de ensaio.

Tabela 3. Composições das argamassas.

Composições	Proporção dos materiais					Índice de consistência (mm)
	Cimento	RCV	Areia Fina	Areia Média	a/c	
0% RCV	1	0	1	1	0,55	312
10% RCV	1	0,1	0,9	1	0,55	272
20% RCV	1	0,2	0,8	1	0,55	247
30% RCV	1	0,3	0,7	1	0,55	217

## 2.7. Ensaio nas argamassas

*- Densidade dos corpos de prova cilíndricos*

Os resíduos de carvão vegetal são extremamente leves se comparado a um mesmo volume de agregado. A determinação da densidade tem por finalidade verificar se a incorporação RCV influencia na densidade dos corpos de prova.

*- Resistência à compressão axial*

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados segundo as especificações da NBR 7215 (ABNT, 1996). Para cada composição foram utilizados 5 corpos de prova cilíndricos de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura. Os corpos de prova foram capeados com enxofre para garantir uma distribuição uniforme do carregamento e o ensaio foi realizado na idade de 28 dias.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1. Análise tecnológica dos rejeitos de carvão vegetal

O laudo das determinações analíticas foi emitido pelo Laboratório de Análise de Solos da UEMG/Passos. Nos resultados da análise química dos resíduos de carvão vegetal, discriminados na Tabela 4. O constituinte determinante é o teor de Cálcio (CaO), no valor de 2,01%, semelhante as cinzas de classe C, oriundo da fabricação do carvão vegetal, as quais tem propriedades pozolânicas e cimentícias, sendo em geral descartada de forma incorreta.

Considerando que as pozolanas, isoladamente, não possuem capacidade aglomerante e necessitam de uma fonte de cálcio, a incorporação desse elemento tende a atender tal demanda (MORETTI, 2018).

Os óxidos K<sub>2</sub>O, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e CaO representam cerca de 50 % do teor de elementos encontrados nas amostras destas cinzas. O teor elevado de alguns dos elementos pode variar em função do tipo de eucalipto cultivado, fertilizantes e herbicidas, além de fatores naturais, tais como clima, solo e água.

Os resultados da composição granulométrica dos resíduos de carvão vegetal realizado segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003) demonstrou-se adequado à substituição da areia fina.

Tabela 4. Análise química do RCV.

RESULTADO ANALÍTICO		
Parâmetros	Carvão Vegetal	Unidade
Nitrogênio Total	0,53	%
Fósforo Total	0,16	%
Potássio Total	1,24	%
Cálcio Total	2,01	%
Magnésio Total	0,23	%
Enxofre (S total)	0,12	%
Boro (Bo total)	0,00213	%
Cobre (Cu total)	0,00187	%
Ferro (Fe total)	0,1626	%
Manganês (Mn total)	0,0990	%
Zinco (Zn total)	0,0044	%
Cromo (Cr total)	0,0070	%
Níquel (Ni total)	0,0054	%
Cádmio (Cd total)	N.D.	%
Chumbo (Pb total)	0,0015	%
Sódio (Na total)	0,2261	%
pH CaCl <sub>2</sub> 0,01M - (Relação 1:5)	7,90	-

### 3.2. Características físicas dos agregados

As características físicas dos agregados finos, ou seja, das areias estão apresentadas na Tabela 5.

Os resultados de massa específica para ambas as normas, NBR 9776 (ABNT, 1987) e NBR NM 52 (ABNT, 2009), não apresentaram diferenças significativas. Sua determinação auxilia no cálculo do consumo de materiais e na determinação do peso próprio da estrutura.

O ensaio de massa unitária, realizado conforme a NBR NM 45 (ABNT, 2006), estabelece a massa real do agregado, pois engloba todos os espaços existentes, os vazios. O fenômeno da massa unitária surge, porque não é possível empacotar as partículas dos agregados juntas, de tal forma que não haja espaços vazios. É através dela que se pode transformar as composições de argamassa e concreto dadas em peso para o volume e vice-versa.

Os resultados de massa unitária solta para os agregados se deu pela média de três determinações, expressos na Tabela 5. De acordo com a classificação do agregado em relação à massa unitária ambas as areias se classificam em agregados normais.

Os resultados para o ensaio de absorção decorrem do processo pelo qual o líquido é conduzido e tende a ocupar os poros permeáveis do corpo sólido. Os valores referentes a absorção das amostras apresentaram coerentes ao estabelecido pela NBR NM 30 (ABNT, 2001), verificando que tal valor influi nas propriedades do agregado, e no aumento da resistência mecânica, pela consolidação das ligações intergranulares.

Com relação ao teor de umidade, valor percentual relacionado à massa de água contida no agregado miúdo, observou-se uma discrepância entre os dados da areia fina para a areia média de 1,01%. Entendeu-se que tal valor pode ser mensurado a fim de reduzir as variações de água do concreto, de maneira a este ser descontado do total de água a ser adicionado ao concreto ou argamassa.

Tabela 5. Características físicas das areias.

Características	Metodologia	Resultados	
		Areia Fina	Areia Média
Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	NBR 9776 (ABNT, 1987)	2,645	2,631
	NBR NM 52 (ABNT, 2009)	2,602	2,603
Massa Específica saturado superfície seca (g/cm <sup>3</sup> )	NBR NM 52 (ABNT, 2009)	2,479	2,496
Massa Específica seca (g/cm <sup>3</sup> )		2,403	2,429
Massa Unitária seca (kg/m <sup>3</sup> )		1411,99	1409,17
Massa Unitária saturada superfície seca (kg/m <sup>3</sup> )	NBR NM 45 (ABNT, 2006)	1500,53	1483,29
Índice de vazios (%)		38,93	37,55
Absorção de água (%)		6,27	5,26
Teor de umidade (5)	NBR NM 30 (ABNT, 2001)	2,208	4,910
Coefficiente de umidade		0,978	0,953
Coefficiente de vazios		0,527	0,524
Módulo de Finura		2,99	2,99
Dimensão Máxima Característica	NBR NM 248 (ABNT, 2003)	1,18	2,36
Material pulverulento (%)	NBR NM 46 (ABNT, 2003)	1,32	0,54

É importante o conhecimento da quantidade de material pulverulento, pois o excesso deste material prejudica a aderência entre a pasta de cimento e a argamassa, além de aumentar o consumo de água devido maior superfície de contato, com consequente diminuição da resistência de concretos e argamassas. De acordo com a Tabela 5, os resultados foram satisfatórios para os agregados visto que a NBR 7211 (ABNT, 2009) limita os valores do teor de materiais pulverulentos até 1%.

### 3.3. Propriedades das argamassas

Na confecção dos corpos de prova o traço foi executado conforme proposto, sem alteração. Entretanto, pode-se observar que à medida que se aumentava o teor de substituição do RCV, a mistura adquiria uma coloração mais escura e diminuía-se a trabalhabilidade.

### 3.4. Densidades das argamassas

Os resultados da densidade das argamassas, é a média dos exemplares, com 28 dias de idade, apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Densidade das argamassas.

Composições	0% RCV	10% RCV	20% RCV	30% RCV
Densidade	21078 kg/m <sup>3</sup>	20282 kg/m <sup>3</sup>	17292 kg/m <sup>3</sup>	14419 kg/m <sup>3</sup>

De acordo com as especificações de densidade, as composições com 0% de RCV e com 10% de RCV classificam se como concretos normais. As demais composições classificam com concreto leves, muito inferiores ao limite de 2000 kg/m<sup>3</sup>. O concreto leve, desde que atendida as exigências de resistência, reduz o peso próprio da estrutura, preservando a capacidade de sustentação de carga na mesma.



### 3.5. Resistência à compressão axial

Os resultados de resistência à compressão das argamassas é a média de 5 exemplares para cada composição, ensaiados nas idades de 7 e 28 dias, estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Resistência à compressão axial das argamassas.

TRAÇOS	Resistência à compressão axial (MPa)	
	7 dias	28 dias
0% RCV	23,03	28,03
10% RCV	21,70	29,30
20% RCV	14,03	28,54
30% RCV	7,48	29,30

Na idade de 7 dias, as argamassas 10% RCV apresentaram resultados similares à referência, diferenças de  $\pm 6,0\%$ . Por outro lado, as argamassas 20% RCV e 30% RCV apresentaram uma queda na resistência mecânica, diferença de 64,15% e 207,89% respectivamente, quando comparadas a de referência.

Entretanto, os resultados de resistência à compressão axial aos 28 dias apresentaram resultados satisfatórios para todos os exemplares.

Considerando os valores de resistência mecânica obtidos, pode-se propor que tal tipo de resíduo possa ser incorporado em placas de concreto, blocos de pavimentação, lajes e demais elementos que não exijam resistências tão elevadas.

Os ensaios mostraram que a produção de argamassa contendo RCV apresentaram resistência mecânica em torno de 28 MPa o que mostra ser viável a continuidade de pesquisas com este resíduo para a indústria da construção civil. Além da viabilidade da parte técnica, o estudo poderá abordar também vantagens nos aspectos econômicos e ambientais.

## 4. CONCLUSÕES

Como detalhado durante este trabalho, a utilização dos resíduos provenientes do beneficiamento do carvão vegetal possui potencial utilidade na produção de argamassas cimentícias. O trabalho destaca as possibilidades que podem ser exploradas e reúne dados relevantes para a utilização dos rejeitos do carvão e do aproveitamento dos mesmos. O Brasil pode investir na área de resíduos agroindustriais cuja quantidade cresce a cada ano.

A partir dos resultados obtidos na caracterização físico-química para avaliar a possibilidade de incorporação de rejeitos de carvão vegetal no concreto, pode-se concluir que o cálcio presente nas amostras estudadas, tende a otimizar a capacidade aglomerante das pozolanas. Tais resultados corroboram com pesquisas que confirmam a viabilidade da inclusão destes resíduos que podem contribuir com o aumento de propriedades mecânicas em componentes de base cimentícias.

A incorporação de RCV, desde que nos teores adequados, é uma alternativa viável do ponto de vista técnico.

Os RCV possuem pouco ou nenhum valor comercial e a fabricação de argamassas à base desses, pode agregar valor a um novo produto, além de diminuir o descarte de rejeitos, minimização de passivos ambientais, bem como a contribuição ao desenvolvimento econômico e sustentável

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. NBR 7211 – Agregados miúdos e graúdos destinados a produção de concretos de cimento Portland - Especificações. Rio de Janeiro, 2009. 9p.
- ABNT. NBR 7215 – Cimento Portland — Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT. NBR 9776 – Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 1987. 3p.
- ABNT. NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 13p.
- ABNT. NBR NM 26 - Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro, 2001. 10 p.
- ABNT. NBR NM 30 – Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.3p.
- ABNT. NBR NM 45 – Agregados – Determinação da massa unitária e volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 8p.
- ABNT. NBR NM 46 – Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003. 6p.
- ABNT. NBR NM 52 – Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009. 6p.
- ABNT. NBR NM 27- Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro, 2001. 7 p.
- BORTOLETTO, M; GUIMARÃES, P.V.C.; SILVA, R.G.; AKASAKI, J.L. Avaliação do resíduo cinza da madeira de eucalipto como substituição parcial da areia em argamassas de cimento. *Revista Científica ANAP Brasil*, v. 10, n. 18, p. 80-93, 2017.
- ELIAS, D. S.; SOARES, A. B.; SOUZA, H. P. Aproveitamento de resíduos sólidos – Estudo experimental de misturas de solo e cinza volante de carvão mineral. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE CARVÃO MINERAL, Criciúma-SC, 2017.
- MORETTI, J.P. Incorporação de resíduos agroindustriais em matrizes cimentícias. 2018. 180 p. Tese (Doutorado Estruturas e Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP.
- PACHECO-TORGAL, F.; JALALI, S. Cementitious building materials reinforced with vegetable fibres: A review. *Construction and Building Materials*, v. 25 (2), p. 575-581, 2010.
- POSSAN, E.; FOGAÇA, J. C.; PAZUCH, C.M. Sequestro de CO2 devido à carbonatação do concreto: potencialidades da barragem de itaipu. *REA – Revista de estudos ambientais (online)*, v. 4, n. 2esp, p. 28-38, 2012.
- SELLAMI, A.; MERZOUD, M.; AMZIANE, S. Improvement of mechanical properties of green concrete by treatment of the vegetals fibers. *Construction and Building Materials*, v.47, p. 1117-1124, 2013.
- SILVA, D. A. L.; CARDOSO, E. A. C.; VARANDA, L. D.; CHRISTOFORO, A. L.; MALINOVSKI, R. A. Análise de viabilidade econômica de três sistemas produtivos de carvão vegetal por diferentes métodos. *Revista Árvore, Viçosa-MG*, v. 38, n. 1, p. 185-193, 2014.
- VENKATANARAYANAN, H. K.; RANGARAJU, P. R. Evaluation of sulfate resistance of Portland cement mortars containing low-carbon rice husk ash. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v.26, p. 582-592, 2014.

## **6. AGRADECIMIENTOS**

Ao Laboratório de Análise de Solos e ao Laboratório de Materiais de Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), campus Passos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa.