

## **AVALIAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE LONGITUDINAL DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM CINZA LEVE DO BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR E RCC**

Leonardo Pernomian André (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Carlos Humberto Martins (Orientador), e-mail: [chmartins2007@gmail.com](mailto:chmartins2007@gmail.com), Anderson Matheus Bernardino Gonçalves (Co-autor)

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia

### **ENGENHARIA CIVIL – CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Palavras-chave:** Concreto, Módulo de Elasticidade, RCC.

#### **Resumo:**

As intensas atividades humanas geram, a cada dia, uma quantidade expressiva de resíduos, que nem sempre são destinados de maneira correta. Dentre tais subprodutos, a cinza leve do bagaço de cana-de-açúcar e o resíduo de construção civil apresentam características de interesse para a engenharia, e por isso, talvez possam ser reaproveitados na construção civil. A cinza leve (CL), resultante da queima do bagaço de cana-de-açúcar para geração de energia nas indústrias sucroalcooleiras, possui propriedades semelhantes às do cimento, e por isso pode substituir parcialmente tal material. Além disso, o resíduo de construção civil (RCC), após ser processado e adquirir melhor forma, pode atuar como substituto parcial da brita no concreto. Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo verificar a possibilidade de inserção destes produtos na construção civil, tendo como parâmetro o módulo de elasticidade longitudinal de concretos produzidos com substituições parciais de tais resíduos. A produção dos concretos foi feita após ensaios de caracterização dos componentes da mistura e estudo de dosagem dos materiais, conforme normas específicas. Foram produzidos 4 traços de concreto, em que o primeiro foi um traço de referência, o segundo com substituição parcial de 7,5% do cimento pela cinza leve, o terceiro com substituição parcial de 30% da brita pelo RCC, e o quarto com substituição de 7,5% do cimento pela cinza leve e 30% da brita pelo RCC. Por fim, os resultados obtidos foram considerados satisfatórios quando comparados ao traço de referência.

#### **Introdução**

A engenharia urbana é o ramo da engenharia responsável pelo desenvolvimento do espaço urbano, tomando como base aspectos relacionados ao bem-estar do meio ambiente e da população. No Brasil, a construção civil, área da engenharia civil que atua diretamente no crescimento das cidades, tem o concreto como um de seus materiais mais utilizados devido à sua trabalhabilidade e moldabilidade. Porém, a produção

de concreto necessita de matérias primas cuja produção envolve uma série de impactos causados ao meio ambiente, como é o caso do cimento e dos agregados naturais (areia e brita). Dentre os principais impactos gerados, a retirada da brita nas jazidas é responsável por grande número de desmoronamentos e erosões nos locais de extração, além de que o processo produtivo do cimento é responsável por emitir uma enorme quantidade de gases poluentes, o que contribui com o aquecimento global. De outra forma, o Brasil, por ser o maior produtor de cana-de-açúcar, açúcar e etanol do mundo, tem problemas com a disposição da cinza, resultante do processo de cogeração de energia por meio da queima do bagaço. Além disso, na construção civil, os resíduos gerados em obras de construção, demolição e reforma, nem sempre possuem disposição final adequada. Logo, uma possível solução para tais problemas seria a inserção da cinza leve e do RCC nos concretos utilizados em obras civis, uma vez que tais resíduos possuem características similares ao cimento e à brita, o que ofereceria um destino adequado aos resíduos e reduziria a quantidade de matéria prima consumida, diminuindo o custo e os poluentes gerados.

## Materiais e métodos

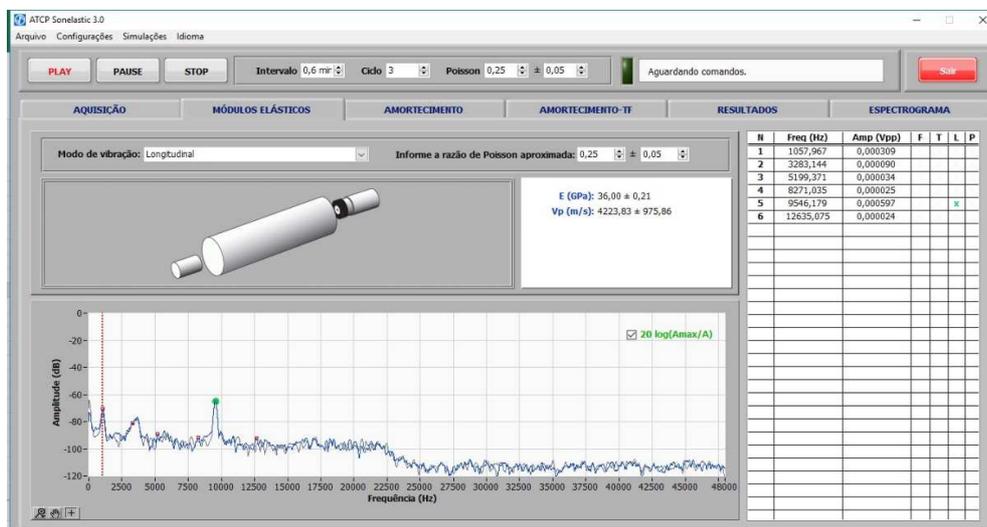
Os materiais utilizados foram:

- Cimento;
- Areia;
- Brita;
- Água;
- Cinza leve de bagaço de cana-de-açúcar;
- Resíduo de construção civil.

Os ensaios de caracterização dos materiais e o estudo de dosagem foram feitos conforme normas específicas da ABNT. Os parâmetros estabelecidos na dosagem do concreto foram: relação água/cimento (em massa)  $\leq 0,60$ ; resistência à compressão acima de 25 MPa; abatimento do tronco de cone de  $70 \pm 10$  mm e desvio padrão de 4 MPa. A dosagem do concreto foi feita para quatro traços diferentes. O primeiro traço foi o de referência (REF) com nenhuma substituição, o segundo traço (7,5CL) teve 7,5% de substituição do cimento pela cinza leve, o terceiro traço (30RCC) teve 30% de substituição da brita pelo RCC, e o quarto traço teve substituição de 7,5% do cimento pela cinza leve e 30% da brita pelo RCC. O concreto relativo ao primeiro traço (REF), desenvolvido por Nunes (2009), foi produzido na proporção (1,000 : 2,060 : 2,940 : 0,555) – (cimento : areia : brita : água) e posteriormente os outros traços foram obtidos calculando suas respectivas substituições. Logo, foram moldados três corpos de prova para cada traço para análise. O ensaio de módulo de elasticidade, feito com o *software* Sonelastic® 3.0 (Figura 1 ) por meio da técnica de excitação por impulso (TEI), conforme a norma ASTM E1876 e correlatas, se trata de um método

não destrutivo que determina seu módulo elástico a partir das frequências naturais de vibração do material.

Figura1 : Tela do software Sonelastic, ATCP (2016)



## Resultados e Discussão

Primeiramente, serão apresentados na Tabela 01 os traços obtidos no estudo de dosagem com suas respectivas substituições. Posteriormente, serão apresentados na Tabela 02 os valores de módulos de elasticidade longitudinal aferidos.

Tabela 01 – Dosagem dos concretos

Traço	Cinza Leve	RCC	Cimento	Areia	Brita	a/c	CBC leve	RCC
REF	0%	0%	1,000	2,060	2,940	0,520	0,000	0,000
30% RCC	0%	30%	1,000	2,060	2,058	0,520	0,000	0,882
7,5% CL	7,5%	0%	0,925	2,060	2,940	0,560	0,075	0,000
7,5% CL 30% RCC	7,5%	30%	0,925	2,060	2,060	0,560	0,075	0,882

Tabela 02 – Módulo de Elasticidade Longitudinal

Módulo de Elasticidade Longitudinal [GPa]		
Traço	Média	Desvio Padrão
REF	39,19	1,21
30% RCC	37,16	1,00
7,5% CL	39,00	1,16
7,5% CL 30% RCC	36,29	0,21

Os valores de módulo de elasticidade longitudinal referentes a cada traço, presentes na Tabela 02, são resultado de uma média aritmética entre os valores de cada corpo de prova, com seus respectivos desvios mostrados na terceira coluna. De acordo com os resultados obtidos, o concreto com substituição de RCC apresentou módulo elástico inferior ao concreto de referência. No caso das substituições de cinza leve, os módulos de elasticidade se mostraram próximos ao valor de referência.

## Conclusões

O presente trabalho contou com a produção de concretos que tiveram sua matriz alterada a partir de substituições parciais de alguns componentes. Com base nos dados obtidos, as misturas envolvendo cinza leve apresentaram bom desempenho elástico, uma vez que seus módulos de elasticidade longitudinal ficaram próximos do traço de referência. Já no caso das misturas envolvendo RCC, os módulos de elasticidade longitudinal se apresentaram um pouco abaixo do traço de referência. Tal fato pode ser explicado pela menor resistência do RCC e pela maior porosidade deste material. Logo, é possível concluir que a porcentagem de substituição para a cinza leve foi adequada, porém no caso do RCC, deve ser estudada uma nova porcentagem. No geral, os resultados são considerados satisfatórios, pois os resíduos foram inseridos sem alteração significativa nos módulos de elasticidade.

## Agradecimentos

Agradeço ao professor/orientador Carlos Humberto Martins, à Universidade Estadual de Maringá e à Fundação Araucária pela bolsa de estudos.

## Referências

ATCP Engenharia Física. Sonelastic – A solução precisa e não-destrutiva para medir os módulos elásticos e o amortecimento de materiais, 2016. Disponível em: <http://www.atcp.com.br/imagens/produtos/sonelastic/manuais/Folder-Sonelastic.pdf>. Acesso em 19 mai 2017.

NUNES, I. H. S. Estudo das características físicas e químicas da cinza do bagaço de cana-de-açúcar para uso na construção. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.