



**CRICTE** 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



## ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DAS MISTURAS CINZA DE CASCA DE ARROZ E CAL DOLOMÍTICA FRENTE ÀS DE CINZA DE CASCA DE ARROZ E CAL DE CARBURETO

**João Victor Linch Daronco**

Estudante de Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

[joaovictorlinch@gmail.com](mailto:joaovictorlinch@gmail.com)

**Lucas Festugato**

Professor Doutor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

[lucas@ufrgs.br](mailto:lucas@ufrgs.br)

**Resumo.** Dentre os métodos utilizados para adequar os parâmetros geotécnicos às solicitações de projeto, destaca-se o melhoramento dos solos. Nesse contexto, essa pesquisa tem como objetivo comparar o comportamento mecânico da cinza da casca de arroz (CCA) melhorada com dois tipos de cales, uma dolomítica e outra calcítica sendo analisadas a resistência à compressão simples ( $q_u$ ) e a rigidez inicial ( $G_0$ ) das duas misturas. Foram realizadas misturas com três diferentes teores de cal e três diferentes pesos específicos aparentes secos ( $\gamma_d$ ) e com dois tempos de cura. Pode ser percebido que para um tempo de cura de 7 dias, as misturas de CCA-Cal dolomítica apresentaram  $q_u$  superior às com cal de carbureto. Já para 28 dias, houve uma inversão. Avaliando o parâmetro  $G_0$ , para 7 dias, não houve diferença entre as misturas, para 28 dias, houve um aumento para as mistura com cal de carbureto.

**Palavras-chaves:** Cinza da casca de arroz; Cal de carbureto.

### 1. INTRODUÇÃO

Os solos arenosos apresentam baixa atividade pozolânica frente à cal, logo usualmente são estabilizados utilizando cimento. Uma alternativa é a substituição do cimento pela cal, assim sendo necessária a adição alguma pozolana ao solo, como a sílica ou a alumina amorfas, a fim de possibilitar a ocorrência das reações pozolânicas (BEHAK, 2007) [1]. A utilização de cinza da casca de arroz torna-se uma ferramenta possível, pois é rica em sílica, sendo composta entre 90-96% por este material (JULIANO, 1985) [2]. Dessa forma, é uma alternativa sustentável que busca diminuir os custos de uma obra, o gasto energético e a emissão atmosférica.

O Rio Grande do Sul (RS), na safra 2015/2016, produziu mais de sete milhões de toneladas de arroz (IRGA, 2016) [3]. Considerando que a casca de arroz, quando incinerada, gera aproximadamente 20% de seu peso de cinza Ref. [2], pode-se estimar que 400 mil toneladas de cinza tivessem sido produzidas durante a safra 2015/2016 no RS.



A pesquisa em questão visa estudar e analisar o comportamento mecânico de um novo material geotécnico, a cinza da casca de arroz, estabilizada com dois tipos distintos de cal: uma cal dolomítica e outra calcítica. São comparados os parâmetros, resistência à compressão simples ( $q_u$ ) e rigidez inicial ( $G_0$ ), para os dois tipos de cales concomitantemente com a análise da influência da porosidade e do teor de cal, através da relação porosidade/teor volumétrico de cal ( $\eta/Liv$ ) para  $q_u$  e  $G_0$ .

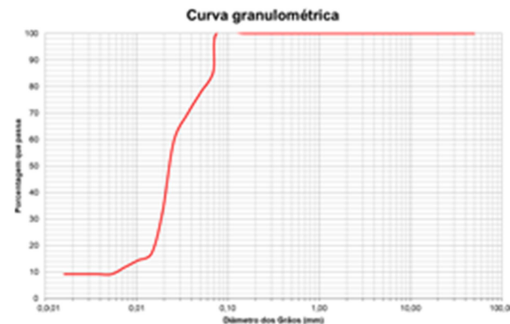


Figura 1. Curva granulométrica da cinza de casca de arroz

## 2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Nesse estudo foram utilizadas misturas de CCA-cal dolomítica e CCA-cal de carbureto, além de água.

### 2.1 Cinza de casca de arroz

A cinza de casca de arroz (CCA) utilizada foi cedida pelo Grupo Pilecco Nobre, localizado no município de Alegrete, no estado do Rio Grande do Sul. A empresa utiliza um sistema de geração de energia elétrica que permite a utilização da casca de arroz para a geração de energia térmica e elétrica, em altas temperaturas, capazes de manter de forma estável e controlada o estado amorfo da sílica contida na casca de arroz.

A curva de distribuição granulométrica da cinza pode ser observada na Fig. 1.

### 2.2 Cal de carbureto

Foi utilizada cal de carbureto produzida pela empresa White Martins Gases Industriais S.A.

### 2.3 Cal dolomítica

Foi utilizada a cal hidratada dolomítica do tipo CH-II, comercialmente chamada de Primor Extra e produzida pela empresa Dagoberto Barcelos em Caçapava do Sul, estado do Rio Grande do Sul.

## 3. ENSAIOS

A pesquisa abordou a análise de diferentes pesos específicos aparente seco ( $\gamma_d$ ) ( $9\text{kN/m}^3$ ,  $10\text{kN/m}^3$  e  $11\text{kN/m}^3$ ) e diferentes teores de cal (5%, 8% e 11%) e um teor de umidade constante de 18%, com tempos de cura de 7 e 28 dias.



### 3.1 Ensaios de compressão simples

Para os ensaios de resistência à compressão simples ( $q_u$ ) utilizou-se uma prensa automática com anéis dinamométricos calibrados com capacidades de 10kN e 50kN.

Os ensaios seguiram as recomendações da NBR 12025 (ABNT, 2012) [4].

### 3.2 Ensaios de velocidade de pulso e constantes elásticas ultrassônicas

Os ensaios de determinação da velocidade de pulso e das constantes elásticas ultrassônicas foram realizados de acordo com a ASTM D2845 (ASTM 2008) [5].

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Efeito do $\eta/L_{iv}^{0,11}$ na resistência à compressão simples

Os resultados obtidos para a resistência à compressão simples para os ensaios com as misturas de CCA-Cal dolomítica e CCA-Cal de carbureto em função do parâmetro  $\eta/L_{iv}^{0,11}$  por este ser o melhor ajuste são apresentados na Fig. 2.

Nota-se que a mistura CCA-Cal dolomítica possui uma resistência à compressão simples ( $q_u$ ) 150% maior do que a mistura CCA-Cal de carbureto, para o menor tempo de cura avaliado (7 dias). Já quando é comparada a resistência à compressão simples para 28 dias, consegue-se perceber que a mistura CCA-

Cal de carbureto obteve um aumento de 337% em sua resistência.

Observando a mistura CCA-Cal dolomítica, a taxa de crescimento foi menor. O aumento atingiu um patamar de 38%, fazendo com que a mistura CCA-Cal de carbureto obtivesse uma resistência, aos 28 dias, 27% maior do que a mistura CCA-Cal dolomítica. O comportamento supracitado pode ser melhor representado pela figura 2.

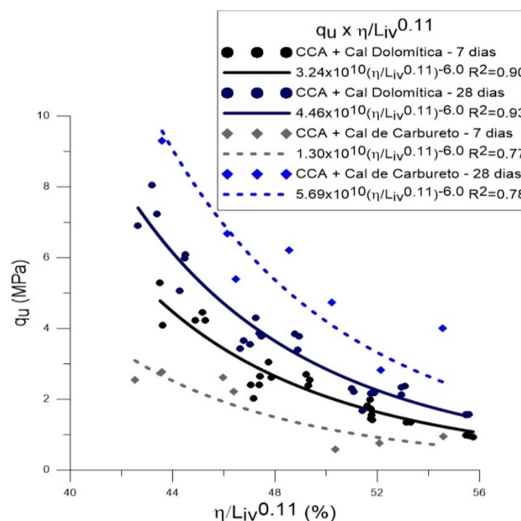


Figura 2. Variação da resistência à compressão simples versus  $\eta/L_{iv}^{0,11}$  para cal de carbureto e cal dolomítica, com diferentes tempos de cura (7 e 28 dias).

### 4.2 Efeito do $\eta/L_{iv}^{0,11}$ no módulo cisalhante inicial ( $G_0$ )

Os resultados obtidos para o módulo cisalhante inicial ( $G_0$ ) para os ensaios com as misturas de CCA-Cal dolomítica e CCA-Cal de carbureto em função do parâmetro  $\eta/L_{iv}^{0,11}$  estão sendo apresentados na Fig. 3.



Pode ser observado que, para o tempo de cura de 7 dias, tanto a mistura CCA-Cal de carbureto quanto a CCA-Cal dolomítica apresentam  $G_0$  semelhante. Para o tempo de cura de 28 dias, consegue-se perceber que a mistura CCA-Cal de carbureto demonstrou um aumento de 37%. Já a mistura CCA-Cal dolomítica, obteve um acréscimo no seu módulo cisalhante inicial de 8%. O comportamento supracitado pode ser melhor representado também pela figura 3.

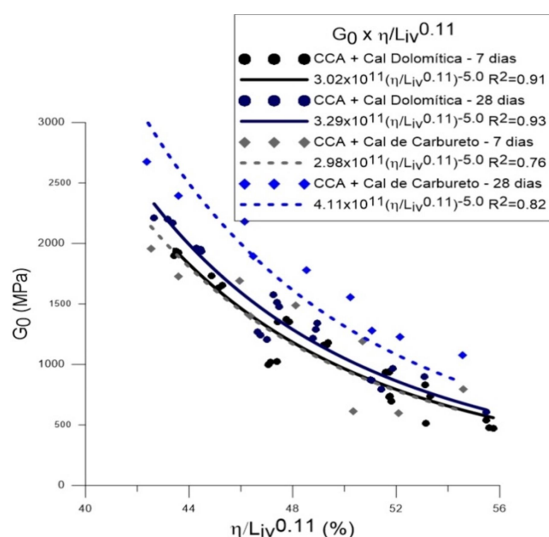


Figura 3. Variação do módulo cisalhante inicial ( $G_0$ ) versus  $\eta/L_{iv}^{0,11}$  para cal de carbureto e cal dolomítica, com diferentes tempos de cura (7 e 28 dias)

## 5. CONCLUSÃO

As misturas de cinza de casca de arroz em combinação com cal dolomítica e cal de carbureto caracterizam materiais geotécnicos de grande potencial para melhoria e estabilização de solos.

Para projetos em que se necessita de maior resistência inicial, misturas de CCA com cal dolomítica são mais

apropriadas. Para projetos que visam resistência aos 28 dias, misturas de CCA com cal de carbureto apresentam maior resistência e provavelmente melhores respostas às solicitações de projeto.

Para o módulo de cisalhamento inicial, nota-se que para o tempo de cura de 7 dias as duas misturas, CCA-Cal dolomítica e CCA-Cal de carbureto, apresentam resultados semelhantes. Ao analisar os resultados obtidos para o tempo de cura de 28 dias, conclui-se que a mistura CCA-Cal de carbureto tem uma taxa de crescimento maior em comparação a mistura CCA-Cal dolomítica.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] L. Behak, “Estabilização de um solo sedimentar arenoso do Uruguai com cinza de casca de arroz e cal.” 150 f Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre RS, 2007
- [2] B. O. Juliano, “Rice: Chemistry and technology. American Association Of Cereal chemists, St. Paul, Minneapolis, 1985.
- [3] Área e produção de arroz. Disponível em [http://www.irga.rs.gov.br/upload/20170724112804produco\\_rs\\_historica.pdf](http://www.irga.rs.gov.br/upload/20170724112804produco_rs_historica.pdf). Acesso em 23 ag. 2017.
- [4] NBR 12025: Solo-cimento – Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- [5] D2845-08: Standard test method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rock. West Conshohocken: ASTM, 2008.