

## ANÁLISE DO USO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ NA ESTABILIZAÇÃO DE DIFERENTES SOLOS ARENOSOS DA REGIÃO DO RIO GRANDE/RS

VICTOR FERREIRA NUNEZ<sup>1</sup>; SAYMON PORTO SERVI<sup>2</sup>; DANILO BRAGA SOUZA<sup>3</sup>; CEZAR AUGUSTO BURKERT BASTOS<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande – [vferreiranunez@gmail.com](mailto:vferreiranunez@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande – [saymon\\_servi@hotmail.com](mailto:saymon_servi@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio Grande – [danilo-braga@outlook.com](mailto:danilo-braga@outlook.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal do Rio Grande – [cezarbastos@furg.br](mailto:cezarbastos@furg.br)

### 1. INTRODUÇÃO

Para realização de algumas obras de engenharia é necessária uma grande mobilização de solo, casos como o de pavimentação e obras de terra, por exemplo. Segundo (Servi *et al.*, 2019), a cidade do Rio Grande, localizada na região sul do Rio Grande do Sul, faz parte do domínio geomorfológico da Planície Costeira, tendo como principal característica depósitos arenosos de origem eólica com baixa capacidades de carga até quando compactados.

Em obras de pavimentação, é comum a utilização de camadas pétreas como base e sub-base para o pavimento, logo, tal técnica torna-se onerosa para a região supracitada, em função do transporte do material de outros domínios geomorfológicos. Uma solução para tal problemática é a estabilização do solo arenoso com a partir da adição de cinza e cal, já que de acordo com vários autores como (Servi *et al.*, 2019 e Ruver *et al.*, 2013), a estabilização de solo arenoso com essa metodologia permite significativo ganho de resistência a compressão simples (RCS), por conta da reação pozolânica resultante da presença de sílica da cinza e o hidróxido de cálcio da cal.

Destaca-se então que o estado do Rio Grande do Sul possui grande produção da indústria orizícola, que gera um resíduo que é utilizado pela indústria como sub-produto: a casca de arroz. Esse sub-produto é geralmente utilizado pela própria indústria como biocombustível e/ou sua queima é realizada para diminuição de volume do resíduo. Isso gera outro resíduo, a cinza de casca de arroz (CCA), que se torna uma parcela inutilizável, sendo mal destinada, normalmente na natureza.

Assim, este estudo tem como base realizar a estabilização de dois diferentes solos arenosos da região, para posterior ensaio de resistência à compressão simples (RCS), verificando a efetividade da metodologia em diferentes tipos de areias provenientes da região do Rio Grande.

### 2. METODOLOGIA

Foram utilizadas duas areias provenientes da região da cidade do Rio Grande, a Areia 1 (A1), coletada em uma jazida na localidade do Povo Novo, e a Areia 2 (A2), coletada no Campus Carreiros da FURG, sendo suas características geotécnicas apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Características geotécnicas das areias. Fonte: Autoral

Parâmetro	Areia 1	Areia 2
<b>Composição granulométrica (NBR 6502/95)</b>		
Pedregulho	0%	0%
Areia	86,94%	100%
Silte	1,56%	0%
Argila	11,50%	0%
<b>Nomenclatura (ABNT)</b>	Areia	Areia
<b>Cor (material seco)</b>	Marrom amarelada	Branca
$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	26,9	26,4
<b>Classificação geotécnica</b>		
HRB	SP	SP
SUCS	A-2-4 (0)	A-3 (0)
Análise do PH	5,7	8,2
Análise de Matéria Orgânica	0,30%	0,14%

A cal utilizada na mistura é do tipo hidratada, da empresa Dagoberto Barcellos (DB), facilmente encontrada no comércio local.

Beseado nos resultados de análises realizadas anteriormente, relatadas por (Servi *et al.*, 2019), a mistura que apresentou melhor resultado foi a realizada com a cinza da casca de arroz após tratamento em laboratório. Assim, foram realizados tratamentos físicos e térmicos no Laboratório de Geotecnia e Concreto Prof. Cláudio R. R. Dias, da FURG, dando origem a cinza de arroz tratada térmica e fisicamente (CCATF). A cinza foi submetida primeiramente a um processo de queima em forno do tipo mufla (figura 1.), com temperatura constante de 600°C, em um período de 3h. Após término da queima, percebe-se um material mais claro, sendo então mais puro devido à ausência de material orgânico. Assim, procedeu-se ao tratamento físico, a partir de um moinho de bolas (figura 2), para diminuição das partículas da CCA e consequentemente aumento da superfície específica do material, resultando em maior reatividade na mistura. O processo teve um tempo controlado de 2 horas, utilizando relação entre material moído e corpos moedores de 1:5.



Figura 1. Forno Mufla. Fonte: Autoral



Figura 2. Moinho de bolas (esquerda) e corpos moedores (direita). Fonte Autoral

A CCA utilizada nos ensaios é originária de uma indústria graneleira do polo industrial do Rio Grande, e anteriormente ao processo apresentava aspecto heterogêneo, com algumas cascas não queimadas e coloração preta, indicando alta taxa de carbono no material.



Figura 3. CCA (esquerda), CCAT (meio) e CCATF (direita) Fonte: Autoral

Após tratamento das cinzas, foram realizadas duas misturas para utilização no ensaio de compactação: a mistura M1 (A1-CCATF-Cal) e a mistura M2 (A2-CCATF-Cal).

Foi empregada na mistura a proporção de materiais proposta por Dias (1997 *apud* RUVER, 2013), de 72% de areia, 21% de CCA e 7% de cal.

Assim, as misturas M1 e M2 foram submetidas ao ensaio de compactação, de acordo com a ABNT NBR 12023/2012, para obtenção do teor de umidade ótimo ( $w_{ot}$ ) e peso específico aparente seco máximo ( $\gamma_{d_{máx}}$ ) em que seriam compactados os corpos de prova para o ensaio de RCS.

Obtidos esses parâmetros, foram moldados 6 corpos de prova, para cada mistura, de 10cm de altura e 5cm de diâmetro, em molde de aço tripartido. A moldagem foi realizada em 3 camadas, com um total de 5 golpes aplicados por camadas através do soquete pequeno de Proctor. Após a moldagem, cada corpo de prova foi selado em saco plástico individualmente, para evitar o fenômeno da carbonatação e perda de água por evaporação. Os mesmos, foram depositados em câmara úmida até a véspera de cada rompimento, que seriam metade dos corpos de prova aos 7 dias e a outra metade aos 28 dias (tempo de cura da cal). Os corpos de prova foram retirados do saco e imersos em água para saturação do material 24 horas antes da realização do ensaio de RCS.

O ensaio de RCS foi realizado em prensa eletro-hidráulica com célula de 50 kN para a avaliação de força média aplicada e um transdutor de deslocamento tipo LVDT para avaliação da deformação vertical. A velocidade do carregamento empregada no ensaio foi de 1mm/min. Os resultados foram obtidos através de um sistema de aquisição de dados Spider® da HBM.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após ensaio de compactação das misturas, obteve-se os seguintes valores para teor de umidade ótimo e peso específico aparente seco máximo.

Tabela 2. Resultados do ensaio de Compactação. Fonte: Autoral

	$w_{ot}$ (%)	$\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )
M1	15,00	1,668
M2	14,75	1,682

Utilizando o procedimento descrito, os corpos de prova foram submetidos a ensaio de RCS, apresentando seguintes resultados:

Tabela 3. RCS das misturas nas diferentes idades. Fonte: Autoral

IDADE (dias)	RCS (MPa)	
	M1	M2
7	0,43	0,93
28	3,36	1,91

Os resultados de RCS da areia 1 podem ter superiores devido à presença de argilominerais na sua composição.

#### 4. CONCLUSÕES

O uso da CCA após tratamento mostra-se eficiente em estabilização de diferentes tipos de areias, tornando-se uma técnica sustentável e de custo reduzido em relação às convencionais, que se tornariam antieconômicas devido à necessidade de importação de material pétreo para uso como base de pavimento.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT . NBR 12023: **Solo-cimento – Ensaio de compactação**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, p. 7. 2012a.

ABNT . NBR 6502: **Rochas e Solos**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, p. 18. 1995.

RUVER, C. A.; MACHADO C. R.; BASTOS C. A. B.; DIAS C. R. R. Viabilidade técnico-econômica da areia eólica estabilizada com agentes aglomerantes para emprego em pavimentação. 2013. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, v. 13, n. 21, p.13-24.

SERVI, S. P. ; NUNEZ, V. F. ; BASTOS, C. A. B. . Areia litorânea estabilizada com cinzas e cal para emprego em pavimentação. In: **X SEMINÁRIO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA DO RIO GRANDE DO SUL**, 2019, Santa Maria/RS. **Anais...** Santa Maria/RS: UFSM, 2019. v. 1. p. 1-12.