

# **APLICABILIDADE DE RESÍDUOS E REJEITOS AMBIENTAIS PARA APROVEITAMENTO EM PAVIMENTAÇÃO**

*(Caracterização Física e Química de Misturas Solo-Cinza de Carvão Mineral)*

**Aluna: Priscila Vargas de Oliveira**  
**Orientadora: Michéle Dal Toé Casagrande**

## **Introdução**

O crescimento das usinas termelétricas e o aumento do consumo anual de carvão mineral como combustível em todo o mundo tem ligação direta com os grandes volumes de cinzas de carvão gerados. Tal fato, em conjunto com os custos de estocagem e as preocupações ambientais referentes ao descarte destes resíduos, têm incentivado formas alternativas de gestão dos resíduos e aplicações diversas, tais como em concretos e argamassa, na fabricação do cimento Portland pozolânico, em bases estabilizadas e solos modificados para rodovias, pistas e edificações e ainda como filer em misturas betuminosas.

O aproveitamento das cinzas em pavimentação, além de ser associado à redução dos custos com a extração e o transporte de agregados convencionais, e dos custos associados à recuperação dos passivos ambientais gerados pela exploração de jazidas, está intimamente ligado a difusão do emprego do carvão como combustível.

Diante dos elevados custos e riscos inerentes ao correto condicionamento das cinzas e da necessidade de proteção ambiental, torna-se viável o uso de técnicas e materiais alternativos para pavimentação que consome volumes consideráveis de material. Em obras de pavimentação rodoviária sobre solos ruins, é viável remover o material existente no local e substituí-lo por outro com características adequadas, ou melhorar as propriedades do solo existente, de modo a criar um novo material com características de resistência e deformabilidade adequadas para sua utilização na Engenharia Geotécnica.

Dentro deste contexto, a motivação do presente trabalho foi a busca por melhor interpretação e compreensão do comportamento do solo misturado com as cinzas de carvão mineral, podendo potencializar a sua utilização em obras de pavimentação, estabelecendo um fim mais nobre a este material, antes descartado na natureza.

## **Objetivo**

O objetivo principal foi avaliar o potencial de utilização das cinzas de carvão mineral, volante e pesada, provenientes do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, em misturas com um solo regional, com e sem a adição de cal, para aplicação em base e sub-base de pavimentos rodoviários. Destaca-se, dentre os objetivos específicos, concluir se há viabilidade técnica e ambiental de tal aplicação para uma ou mais misturas estudadas. Este objetivo foi alcançado através da avaliação do comportamento físico, químico e mecânico de algumas misturas, levando em consideração a viabilidade ambiental, e estabelecendo padrões de comportamento capazes de medir a influência da adição de cinzas e cal, relacionando-a com os parâmetros de deformabilidade do solo.

## **Metodologia**

Nos ensaios, foram utilizados quatro tipos de materiais distintos: solo, cinza volante, cinza de fundo e cal, bem como as misturas decorrentes destes materiais com diferentes teores de cinza, com e sem adição de cal. O solo é proveniente de uma jazida localizada no bairro de Campo Grande - RJ. A coleta foi feita no mês de Maio de 2010.

A cinza volante e a cinza de fundo são provenientes da queima de carvão mineral nas três usinas do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, em funcionamento desde 1943,

localizado no município de Capivari de Baixo – SC. O carvão mineral utilizado nas três usinas é do tipo CE 4500, com Poder Calorífico Superior de 4.500 kcal/kg, considerado baixo, e conseqüentemente, alto teor de cinzas.

O objetivo deste projeto foi a caracterização física e química do solo e do solo-cinza, evidenciando os parâmetros que possam ser correlacionados com o real desempenho em camadas de base de pavimentos e, dessa forma, contribuir para o melhor conhecimento sobre o comportamento das misturas estudadas e a viabilidade da utilização das cinzas sem prejudicar o meio ambiente ou a saúde humana.

A seguir são apresentados os ensaios laboratoriais realizados para caracterização química e ambiental do solo, solo-cinza-cal, e solo-cinza: (i) Propriedades físicas e de classificação dos materiais (Limites de Atterberg; Massa Específica Real dos Grãos; Análise granulométrica); (ii) Propriedades químicas (Fluorescência de raio-X por energia dispersiva; Determinação de matéria orgânica; Solubilização; Lixiviação). As Propriedades mecânicas (Compactação; Módulo de Resiliência; Deformação Permanente) são objeto de pesquisa de outro projeto de Iniciação Científica.

### **Conclusões**

Conclui-se que: (i) Os resultados obtidos permitem concluir que, pela classificação SUCS, o solo estudado nesta pesquisa é do tipo SM (areia siltosa). Pela classificação HRB, é um solo do tipo A-2-4 (areia siltosa). Estas duas classificações assinalam que o comportamento mecânico deste material não é recomendável para utilizá-lo em base de pavimentos; (ii) A composição química das misturas solo-cinza-cal e das cinzas de carvão mineral, volante e pesada, apresenta altos teores de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , além de baixos teores de matéria orgânica. O conjunto dos dois fatores pode favorecer a ocorrência das reações pozolânicas, que integram o processo de estabilização química do solo. (iii) A predominância de óxidos, sobretudo  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , nas misturas solo-cinza-cal revela o caráter de solo residual; (vi) Nos ensaios ambientais de solubilização e lixiviação, a Cinza Volante foi classificada como resíduo da Classe II B – Resíduo Inerte, devido a teores de Al, Fluoretos e Fenóis Totais (ensaio de solubilização) levemente superiores aos valores sugeridos por norma, e a Cinza de Fundo como Classe II A – Resíduo Não Inerte. (iv) A influência das cinzas e da cal ao solo proporciona o desenvolvimento de um novo material geotécnico com características próprias, observado pela melhoria das propriedades mecânicas deste novo material; (v) A adição de cinzas ao solo teve uma influência favorável, reduzindo a expansibilidade do solo estudado, sendo que a cinza volante tem maior ação estabilizante, ressaltando-se os melhores resultados obtidos para um teor de 7% desta cinza.

### **Referências**

- 1 - LOPES, L.S.E. **Análise do Comportamento Mecânico e Ambiental de Misturas Solo-Cinzas de Carvão Mineral para Camadas de Base de Pavimentos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- 2 - UBALDO, M.O. **Uso de cinzas de carvão da composição de uma cobertura de rejeitos de mineração**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- 3 - PINTO, S. **Estabilização de areia com cal e cinza volante**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1971.
- 4 - NARDI, J.V. **Estabilização de areia com cal e cinza volante; efeito do cimento como aditivo e de brita na mistura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1975.