

AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE BRITA GRADUADA RECICLADA (BGR) NA ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS PARA FINS DE PAVIMENTAÇÃO EM VIAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO

Wilken Dannel Neres Santana¹
Lucas Salomão Rael de Moraes²
Mayara Paula S. Franco Castilho³
Tairine Roquete Alves Carneiro⁴
Fabio Henrique Casarini Gerônimo⁵
Rosane de Paula Castro⁶

RESUMO

A estabilização de solos para pavimentação de vias de baixo volume de tráfego, com a utilização de materiais reciclados na engenharia civil tem se mostrado uma alternativa sustentável e econômica, sendo um exemplo a adição de brita graduada reciclada (BGR) no processo de estabilização de solos. A brita graduada reciclada é um subproduto proveniente da reciclagem de resíduos de construção e demolição, que inclui fragmentos de concreto, tijolos e pedras. O objetivo do estudo é avaliar o uso de diferentes percentuais de adição de Brita Graduada Reciclada (BGR) na pavimentação de um condomínio horizontal no município de Senador Canedo, Goiás, voltado para o tráfego de veículos leves. Foram avaliadas as propriedades físicas e de resistência do BGR com dois traços: 50% de BGR e 50% de cascalho, e 20% de BGR e 80% de cascalho. O estudo realizado envolveu a análise dos tipos de solo presentes na obra, levando em consideração os cortes previstos no projeto de terraplanagem para a execução da pavimentação. Em conclusão, os resultados do estudo indicaram que a adição de Brita Graduada Reciclada (BGR) melhora as propriedades mecânicas dos solos, como resistência à compressão, capacidade de suporte e otimização da compactação, o que contribui para a durabilidade e estabilidade das vias pavimentadas.

Palavras-chave: Pavimentos; Resíduos de construção, brita graduada reciclada.

EVALUATION OF THE ADDITION OF RECYCLED GRADED CRUSHED CRUSH (BGR) IN SOIL STABILIZATION FOR PAVING PURPOSES ON LOW TRAFFIC VOLUME ROADS

ABSTRACT

The stabilization of soils for paving low-traffic roads using recycled materials in civil engineering has proven to be a sustainable and cost-effective alternative. One example is the addition of recycled graded aggregate (RGA) in the soil stabilization process. Recycled graded aggregate is a byproduct derived from the recycling of construction and demolition waste, including fragments of concrete, bricks, and stones. The objective of this study is to evaluate the use of different percentages of recycled graded aggregate (RGA) in the paving of a residential condominium in the municipality of Senador Canedo, Goiás, designed for light vehicle traffic. The physical and strength properties of RGA were assessed using two mix ratios: 50% RGA and 50% gravel, and 20% RGA and 80% gravel. The study involved analyzing the types of soil present at the construction site, considering the planned earthworks for pavement execution. In conclusion, the results indicated that the addition of recycled graded aggregate (RGA) improves the mechanical properties of the soil, such as compressive strength, load-bearing capacity, and compaction optimization, contributing to the durability and stability of paved roads.

Keywords: Pavements; Construction waste; Recycled graded aggregate.

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Civil – Centro Universitário Araguaia (UniAraguaia).

² Docente do Centro Universitário Araguaia (Uniaraguaia) - Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Catalão.

³ Docente do Centro Universitário Araguaia (Uniaraguaia) - Mestra em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Goiás.

⁴ Docente e coordenadora do Centro Universitário Araguaia (Uniaraguaia) - Mestra em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil pela Universidade Federal de Goiás

⁵ Docente do Centro Universitário Araguaia (Uniaraguaia) - Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

⁶ Docente do Centro Universitário Araguaia (Uniaraguaia) - Doutora em Física pela Universidade Federal de Goiás (UFG).

INTRODUÇÃO

A pavimentação de vias de baixo volume de tráfego representa um desafio importante para o setor de infraestrutura rodoviária, especialmente em regiões com limitações orçamentárias. Em muitos casos, a construção de pavimentos convencionais, não se apresenta como uma solução viável devido ao alto custo de execução e à necessidade de materiais de difícil acesso. Nesse contexto a estabilização de solos com o uso de BGR surge como uma alternativa interessante, oferecendo uma solução mais econômica e acessível para a construção.

Os pavimentos são estruturas erguidas em cima de terraplanagens com a finalidade de suportar e distribuir as forças verticais produzidas pelo tráfego, aprimorar as condições de tráfego em termos de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste ligado às mudanças climáticas, excesso de peso, frenagem e tração. As estruturas do pavimento construídas podem diferir quanto à espessura, aos materiais empregados e à função da estrada, podendo ser empregada para o tráfego leve ou pesado que a via pode suportar. Também é possível usar materiais reciclados provenientes da própria indústria da construção. (HACHICH, 2018).

Acredita-se que aproximadamente 35% dos resíduos de construção e demolição produzidos globalmente são enviados para aterros sem qualquer tipo de tratamento adicional, mesmo com o crescente interesse em reciclar e reutilizar. Os desafios na administração de resíduos se intensificam devido à falta de locais para descarte, decorrentes da ocupação e valorização de áreas urbanas, bem como aos elevados custos sociais envolvidos, questões de saneamento básico e poluição ambiental (JOHN, 2020).

De acordo com a Associação Brasileira de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (2018), o entulho gerado pela construção pode ser utilizado em conforme a Lei Federal 12.305/2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, na administração e gerenciamento de resíduos, deve-se seguir a seguinte sequência de prioridade: não produção, diminuição, reaproveitamento, reciclagem, processamento e eliminação final de maneira ambientalmente sustentável. (BRASIL, 2020).

Dessa forma é importante estudar e validar metodologias que visam reaproveitar os resíduos provenientes da construção civil, que contribuam para o meio ambiente, e permita minimizar custos e otimizar outros processos construtivos.

Diante dessa realidade assim o objetivo desse estudo foi avaliar o uso diferentes percentuais de adição de brita graduada reciclada (BGR) na pavimentação das vias internas de uma obra de um condomínio horizontal localizada no município de Senador Canedo/GO, para analisar a viabilidade técnica de utilização da BGR com adição em material de pavimentação para vias de baixo tráfego.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi realizada em um condomínio horizontal em Senador Canedo (GO). Foram conduzidos quatro ensaios laboratoriais para caracterizar o solo e definir a melhor composição da base do pavimento: análise granulométrica (ABNT/2016), limites de Atterberg (ABNT, 2016), ensaio de compactação Proctor (ABNT/2016) e ensaio CBR (ABNT).

O estudo começou com a análise dos tipos de solo presentes na obra, considerando os cortes previstos no projeto de terraplanagem. O cascalho foi selecionado como o material mais adequado para compor o subleito, sub-base e base da pavimentação.

Para os ensaios, foram coletadas amostras diretamente da obra, incluindo uma amostra representativa do cascalho e uma amostra de brita graduada reciclada (BGR), um material proveniente da reciclagem de resíduos de construção e demolição.

As amostras foram enviadas ao laboratório, onde foram testadas em duas misturas distintas: uma com 80% de cascalho e 20% de BGR e outra com 50% de cascalho e 50% de

BGR. Os ensaios avaliaram a distribuição granulométrica, plasticidade, compactação e capacidade de suporte dessas misturas, buscando identificar a composição mais eficiente para garantir a durabilidade, estabilidade e custo-benefício da pavimentação.

A análise dos dados obtidos permitiu comparar as vantagens e desvantagens de cada traço em relação ao tempo de execução, resistência e viabilidade econômica, resultando em um planejamento mais eficiente para a pavimentação do condomínio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise granulométrica foi conduzida conforme as normas técnicas, utilizando peneiras padronizadas para caracterizar o material. Os resultados indicaram a distribuição das partículas em diferentes faixas granulométricas, assegurando a precisão e padronização da classificação do material.

Os ensaios de Limites de Atterberg seguiram as normas NBR 6459/2016 e NBR 7180/2016 (ABNT, 2016), avaliando os limites de plasticidade e liquidez dos solos. Os resultados indicaram que o cascalho analisado não apresenta plasticidade, portanto

classificado como não plástico, com limite de liquidez e limite de plasticidade não determinados, visto que foi caracterizado como não plástico e índice de plasticidade não aplicável. Esse resultado indica que o material em questão, classificado como cascalho, é composto predominantemente por partículas granulares maiores que não apresentam as características típicas de solo plástico.

Nos ensaios de compactação, conforme NBR 7182/2016 (ABNT, 2016), foram avaliados dois traços de mistura entre Brita Graduada Reciclada (BGR) e cascalho, conforme a tabela abaixo.

Tabela 1. Resumo dos resultados de caracterização para o traço 50% BGR 50% cascalho.

Traço 01: 50% BGR 50 % Cascalho	
Densidade Máxima:	1845 Kg/m ³
Umidade Ótima:	10,4%
Índice de Suporte Califórnia (ISC):	48,1%
Expansão (Exp):	0,02%

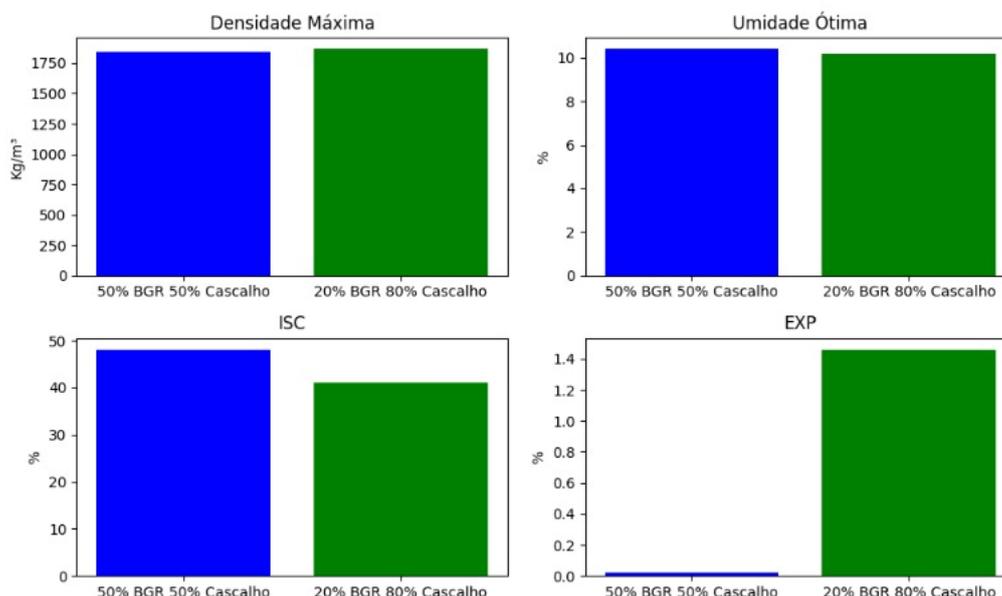
Para o segundo traço proposto, foram observados os resultados constantes na Tabela 02.

Tabela 2. Resumo dos resultados de caracterização para o traço 20% BGR 80% cascalho.

Traço 02: 20% BGR 80 % Cascalho	
Densidade Máxima:	1865Kg/m ³
Umidade Ótima:	10,2%
Índice de Suporte Califórnia (ISC):	41,0%
Expansão (Exp):	1,46%

A Figura 1 apresenta graficamente de forma comparativa os resultados obtidos nos ensaios realizados para a avaliação das propriedades do solo.

Figura 1. Comparação de resultados entre os traços.



Ambos os traços foram comparados graficamente, evidenciando diferenças nos parâmetros de compactação. O traço 50% BGR / 50% Cascalho apresentou menor expansão e melhor desempenho no ISC, sendo mais estável.

A tabela abaixo mostra os resultados dos ensaios, observando o que se recomenda os parâmetros do DNIT para cada camada de pavimentação.

Tabela 3. Análise dos critérios para uso nas camadas de pavimentação, conforme Manual DNIT 2006.

Camada	Traço 1 (50% BGR 50% cascalho)		Traço 2 (20% BGR 80% cascalho)	
	ISC	EXP	ISC	EXP
Subleito	Aceito	Aceito	Aceito	Aceito
Reforço subleito	Aceito	Aceito	Aceito	Não aceito
Sub-base	Aceito	Aceito	Aceito	Não aceito
Base	Não aceito	Aceito	Não aceito	Não aceito

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação entre os dois traços analisados demonstrou que o Traço 01 (50% BGR e 50% Cascalho) apresenta melhores características de resistência e estabilidade, além de um menor índice de expansão, tornando-se a opção mais adequada para aplicações que exigem alta estabilidade volumétrica. Em contrapartida, o Traço 02 (20% BGR e 80% Cascalho), apesar de possuir uma densidade ligeiramente superior, apresentou uma expansão significativamente maior e um Índice de Suporte Califórnia (ISC) mais baixo, o que pode limitar sua aplicação em projetos que demandam maior durabilidade e menor suscetibilidade à expansão.

A utilização de brita graduada reciclada (BGR) contribui para a redução do uso de agregados naturais, alinhando-se aos princípios da construção sustentável e da economia circular. Esse reaproveitamento minimiza a pressão sobre os recursos naturais e reduz os impactos ambientais, principalmente em locais com grande geração de resíduos de construção e demolição.

Por fim, os resultados indicam que a eficácia da BGR na estabilização de solos pode variar conforme as características específicas do solo e a proporção utilizada. No entanto, sua aplicação na pavimentação de vias de baixo volume de tráfego apresenta boas perspectivas tanto do ponto de vista técnico quanto ambiental. Com a adoção de boas práticas de análise e execução, essa abordagem pode se consolidar como uma alternativa viável e sustentável, promovendo a redução de custos e impactos ambientais na infraestrutura rodoviária.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6458: Grãos de pedregulho retidos na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água.** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Amostras de solo – preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.** Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182: Solo – Ensaio de Compactação.** Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180: Lastro Padrão: Determinação da forma do material.** Rio de Janeiro, 1989.

BRASIL, A. P.; BURGOS, P. C; ALBERTE, E. P. V. **Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos.** Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA / Caixa Econômica Federal, 2020. pg 190-227.

HSCHICH, A. C. R. **Estudo de deformação permanente em solos e a teoria do shakedown aplicada a pavimentos flexíveis.** 2018. 173p. Dissertação (Mestrado) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE-UFRJ). Rio de Janeiro, 2018.

HORTEGAL, M. V.; FERREIRA, T. C; SANT'ANA, W. C. Utilização de Agregados Resíduos Sólidos da Construção Civil para Pavimentação em SãoLuís–MA. **Pesquisa em Foco**, SãoLuís, 2019. v. 17, n. 2, p. 60-74.

JOHN, V. M. - **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** Tese (Livre-Docência em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2020.