

# **AVALIAÇÃO DO USO DE RESÍDUO DE BENEFICIAMENTO DE MÁRMORE E GRANITO EM SOLO UTILIZADO NA OBRA DE RESTAURAÇÃO E DUPLICAÇÃO DA RODOVIA AL-220**

**Raíssa Rodrigues Cardoso de Farias**  
**Pedro Guilherme Pinheiro Santos Fernandes**  
**Aline Calheiros Espíndola**  
Universidade Federal de Alagoas  
Centro de Tecnologia

## **RESUMO**

A geração de resíduo de beneficiamento do mármore e granito (RBMG) pela indústria de rochas ornamentais causa inúmeros impactos ambientais, principalmente ao solo e ao leito de rios e lagos onde o resíduo é descartado. Desta forma, o uso do resíduo em pavimentos é uma possibilidade sustentável de reutilização desse rejeito. Neste contexto, esse trabalho faz uma avaliação do uso do RBMG em solo utilizado na obra de restauração e duplicação da rodovia AL-220, com o objetivo de analisar através de ensaios de caracterização física e mecânica, a viabilidade de incorporação do resíduo em diferentes camadas do pavimento. Como resultados o estudo propõe duas opções de mistura solo-resíduo com percentuais de 20% e 50% de RBMG.

## **ABSTRACT**

The production of marble and granite processing residue (RBMG) by the ornamental stone industry causes numerous environmental impacts, including soil and water body pollution. Consequently, the usage of residue in pavements is a sustainable possibility of recycling. Therefore, this study aims to evaluate the RBMG mixed with the soil used in the restoration and duplication of the AL-220 road. This evaluation has the objective of analyzing the feasibility of incorporating the residue into different layers of the pavement, through physical and mechanical characterization tests. As a result, this study proposed two soil-residue mixing options with percentages of 20% and 50% of RBMG.

## **1. INTRODUÇÃO**

As condições geológicas brasileiras proporcionam inúmeros afloramentos rochosos, o que possibilita a exploração em grande porte de recursos minerais pela indústria de beneficiamento de rochas ornamentais, sendo esta, responsável pela movimentação em torno de US\$ 6 bilhões/ano (Neves, 2002). Como resultado, o Brasil tornou-se o quarto maior produtor de rochas ornamentais e o sétimo maior exportador em volume físico total (Moraes et al, 2016). Contudo, o crescimento desse setor não ocorreu de forma sustentável, gerando inúmeros impactos ambientais, principalmente relacionados ao resíduo oriundo do beneficiamento.

Os impactos ambientais gerados pelas indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais podem ocorrer em três fases distintas: a etapa de desmatamento e pesquisa mineral; a etapa de desdobramento dos blocos de rocha; e a etapa de eliminação de um composto denominado lama. A lama é gerada na segunda etapa, onde ocorre o processo de serragem dos blocos de rochas em teares, que através do atrito das laminas com as rochas geram um fluido abrasivo constituído de água, pó de pedra, granalha e cal. Logo após, é realizado o polimento da superfície posterior, sendo gerado um resíduo distinto que também compõe a lama, porém, sem a presença de granalha. Por fim, todos os resíduos gerados no processo de beneficiamento são encaminhados para lagoas de sedimentação, contaminando o solo na qual a lama é depositada (Lisboa, 2004).

Conforme Moura *et al* (2002) em torno de 25% a 30% do bloco de rocha é transformado em pó, sendo gerados aproximadamente 240.000 t/ano de Resíduo de Beneficiamento de

Mármore e Granito (RBMG). De forma geral, os destinos finais desse resíduo são aterros, rios, lagos e depósitos a céu aberto, causando danos ambientais como assoreamento de rios e lagos e poluição dos mananciais (Menezes *et al*, 2007). Diante desse contexto, um dos grandes desafios enfrentados pelas indústrias é encontrar um destino adequado para os resíduos sólidos gerados sem afetar a qualidade do meio ambiente. Desta forma, a reutilização e reciclagem em obras rodoviárias pode vir a ser uma solução viável para esta problemática (Carvalho, 2017).

A reutilização e reciclagem de resíduos no dimensionamento das camadas inferiores do pavimento, assim como, em manutenção e restauração rodoviária está em maior receptividade nos últimos anos, uma vez que a carência de materiais granulares ou o elevado custo para sua utilização acaba inviabilizando a construção de novos pavimentos (Hilário *et al*, 2016). Como exemplo, Canut (2006) verificou a viabilidade do uso do resíduo fosfogesso gerado na produção de ácido fosfórico a partir do beneficiamento de uma rocha fosfatada. Através dos resultados obtidos, foi possível observar que a utilização desse resíduo em substituição do gesso natural, contribui tanto no ponto de vista ambiental como econômico e social.

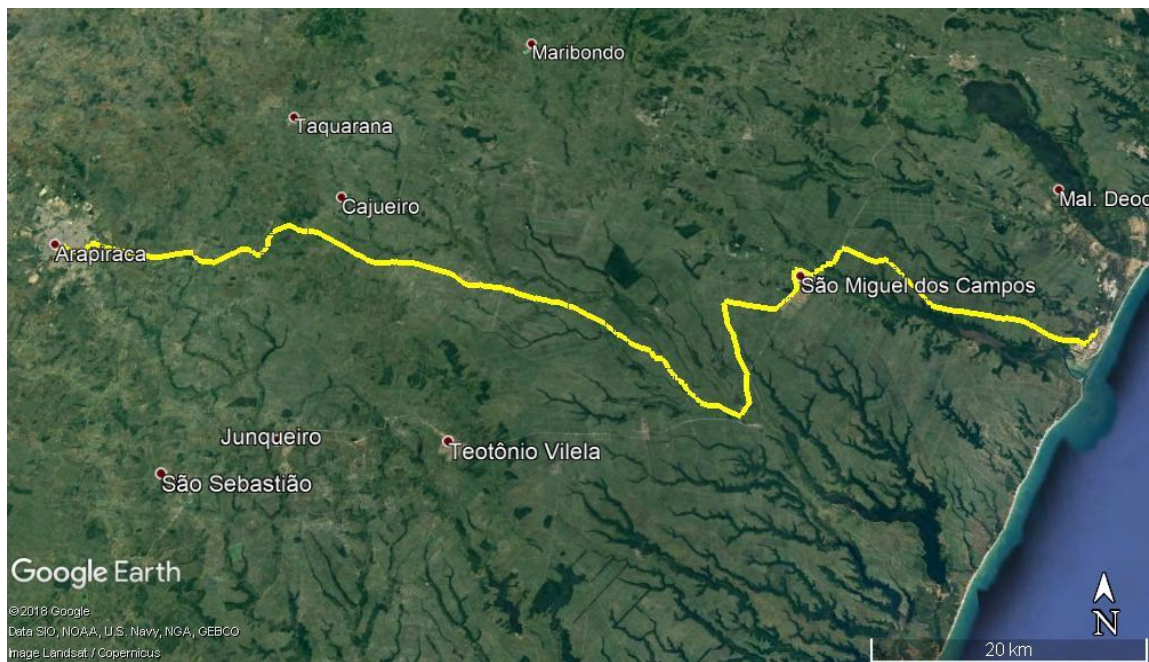
Outros exemplos recentes de utilização de resíduos foi o estudo de Carvalho (2017), que utilizou resíduo da escória de aciaria, adicionando-o em solo laterítico de Brasília-DF a fim de melhorar propriedades mecânicas das camadas de base e sub-base do pavimento e também a pesquisa de Silva, Paranhos e Garcia (2017), na qual foi analisada a utilização de resíduo de marmoraria como material de base ou sub-base de pavimentação.

Desta forma, esse estudo tem como objetivo analisar o desempenho físico e mecânico de misturas de solo com RBMG para aplicação em camadas de pavimentos da obra restauração e duplicação da Rodovia AL-220, localizada no estado de Alagoas.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Em função do objetivo de avaliar a viabilidade do uso de RBMG no solo da obra de restauração e duplicação da rodovia AL-220, esta sessão foi dividida em escolha dos materiais utilizados, caracterização física e mecânica do solo e do RBMG, e preparo e caracterização da mistura de solo e RBMG.

A obra onde ocorreu a análise de viabilidade de utilização da mistura está locada nas mesorregiões Leste e Agreste do Estado de Alagoas, tendo início no município de Arapiraca e final no entroncamento das rodovias BR-101 e AL-220, no município de São Miguel dos Campos, conforme mostrado na Figura 1.



**Figura 1:** Apresentação das curvas granulométricas (Google Earth, 2018)

De acordo com o projeto original da rodovia, o dimensionamento do pavimento adotado foi realizado conforme as especificações do Método Murilo Lopes preconizado por DNER (1981), sendo adotado um número N de  $1,08 \times 10^7$  (tráfego pesado). Desta forma, chegou-se a uma estrutura com sub-base estabilizada granulometricamente com 15 cm de espessura, uma base de brita graduada com 15 cm de espessura e um revestimento em CBUQ com 10 cm de espessura.

## 2.2. Escolha dos materiais utilizados

A jazida escolhida para análise está localizada no segundo subtrecho da rodovia AL-220 entre os municípios de Campo Alegre e São Miguel dos Campos, sendo classificada pelo corpo técnico do Departamento de Estradas de Rodagem de Alagoas (DER-AL) como um solo argiloso laterítico, de acordo com a classificação MCT de Nogami e Villibor (1981), e classificada como solo A-4 pela classificação do *Transportation Research Board* (TRB).

Já o RBMG foi coletado numa Indústria Beneficiadora localizada em Maceió – AL, sendo o resíduo originado de rochas levemente foliadas, de granulação média, coloração clara, predominantemente branca, compostas por quartzo, plagioclásio, muscovita, biotita e minerais opacos.

## 2.3 Caracterização dos materiais utilizados

### 2.3.1 Solo

Depois de coletadas, as amostras de solo (Figura 2) foram levadas ao Laboratório de Geotecnia (LABGEO) do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (CTEC-UFAL), onde foram submetidas aos ensaios de limite de liquidez e limite de plasticidade, realizados de acordo com ABNT (1984a) e ABNT (1984b). Logo após, as amostras também foram caracterizadas em termos de granulometria, sendo utilizados os procedimentos de ABNT (1984c).



**Figura 2:** Coleta de amostras de solo

### 2.2.2 *Resíduo*

As amostras de resíduo foram quarteadas, destorroadas e submetidas ao processo de peneiramento, passadas na peneira nº 10 de acordo com ABNT (1986a). Em seguida deu-se continuidade aos ensaios de limites físicos e análise granulométrica por peneiramento conforme as normas descritas por ABNT (1984a), ABNT (1984b), ABNT (1984c).

## 2.3 **Mistura de solo com resíduo**

### 2.3.1 *Preparação de amostras*

Inicialmente pesou-se 1500 g de solo e adicionou-se a quantidade de resíduo em massa de acordo com a proporção desejada. As amostras consistiram nas proporções de 0% (estado natural), 20%, 30%, 40% e 50% de RBMG. Os percentuais adotados tiveram como referência o estudo de Luz (2008), que em sua pesquisa utilizou resíduo de rocha, gerado na região metropolitana de Goiânia-GO, para aplicação em pavimentação rodoviária, mais especificamente, em camadas de solo laterítico.

Após a pesagem dos materiais, o solo e o resíduo foram colocados no separador de amostras e misturados com uma pá até que a mistura alcançasse um estado de homogeneidade satisfatório. Depois disso foram feitas as respectivas análises granulométricas, conforme ABNT (1984c).

### 3.3.2 *Ensaio de caracterização*

Esta etapa consistiu na determinação de algumas características geotécnicas das misturas solo-resíduo, sendo realizados os ensaios de limites de liquidez e plasticidade e análise granulométrica por peneiramento de acordo com ABNT (1984a), ABNT (1984b) e ABNT (1984c). Após os ensaios de índices de consistência e granulometria, as misturas solo-resíduo foram analisadas em função das faixas granulométricas (A, B ou C) de DNIT (2006), adotando o valor de  $N = 1,08 \times 10^7$  (tráfego pesado), estabelecido no projeto de pavimentação da Rodovia AL-220.

No ensaio de compactação foi empregada a energia intermediária. Após a secagem prévia da amostra até a umidade higroscópica, foram pesados 3 kg da mistura solo-resíduo, passando, posteriormente, na peneira de 4,8mm, ficando retido menos que 7% do total da amostra. Dessa forma, os corpos de prova foram moldados no cilindro pequeno em três camadas e 21 golpes por camada conforme os procedimentos de ABNT (1986b). A compactação foi realizada em cinco pontos para determinação da curva de compactação e com reuso de material conforme os procedimentos descritos na norma.

Devido a limitações físicas do LABGEO aliado ao fato de não haver nenhum equipamento de ensaio triaxial de carga repetida no estado de Alagoas, a caracterização mecânica teve como base, somente o Índice de Suporte Califórnia (ISC) de acordo com o ABNT (1987), sendo utilizada energia intermediária no ensaio.

### 3. RESULTADOS E ANÁLISES

#### 3.1 Análise granulométrica

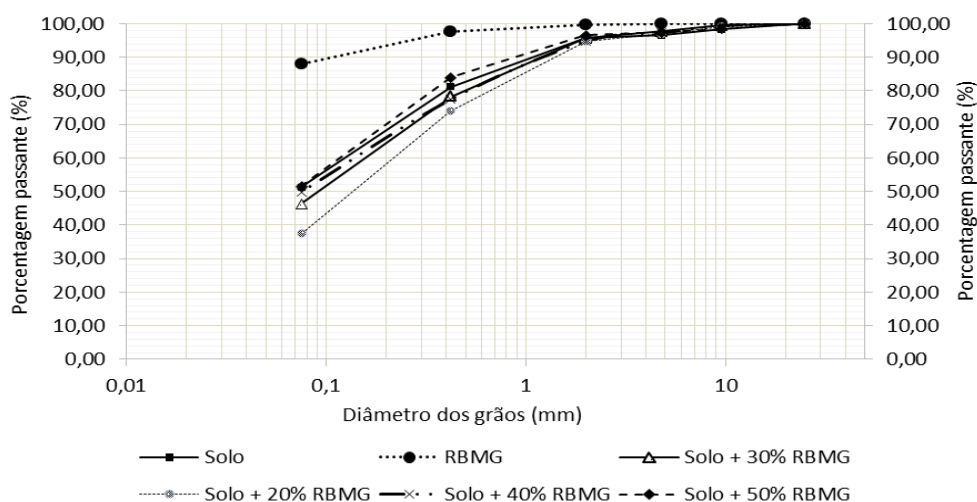
A Tabela 1 apresenta as porcentagens passantes nas aberturas das peneiras estabelecidas pela NBR 6457 (ABNT, 1984c) no ensaio de granulometria por peneiramento.

**Tabela 1:** Granulometria por peneiramento

Peneira nº	Abertura (mm)	Porcentagem passante (%)					
		Solo	RBMG	Solo +20% RBMG	Solo +30% RBMG	Solo +40% RBMG	Solo +50% RBMG
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3/8"	9,5	98,28	100,00	99,07	99,44	99,43	98,47
nº 4	4,8	96,54	100,00	96,95	97,68	97,27	97,42
nº 10	2	95,81	99,67	94,68	95,69	94,73	96,49
nº 40	0,42	81,2	97,72	74,14	78,35	77,44	84,02
nº 200	0,075	51,36	87,97	37,38	46,42	49,90	51,65

Observa-se que os 87,97% de finos presentes no RBMG dão uma maior contribuição nas frações mais finas das misturas apresentadas, isso pode ser observado na maior proporção com 50%. Todavia, nota-se que nas misturas com 20%, 30% e 40% de solo-resíduo houve uma redução do teor de finos, isso pode estar relacionado pela influência da heterogeneidade da amostra representativa do solo coletado para o estudo.

A Figura 3 apresenta as curvas granulométricas do solo, resíduo e das misturas solo-resíduo, utilizando os dados obtidos na Tabela 1.



**Figura 3:** Apresentação das curvas granulométricas

É possível observar que o solo natural possui parcela significativa de grãos finos, areia e um pequeno percentual de pedregulhos. Já a curva granulométrica do resíduo destaca-se pelo

predomínio de materiais finos, com formato uniforme apresentando grãos basicamente de uma mesma dimensão (partículas finas). As misturas obtidas a partir da combinação RBMG e solo se mostraram aproximadamente contínuas e com formatos semelhantes. Porém, nenhuma das curvas granulométricas dos materiais apresentados se enquadrou nas faixas estabelecidas pelo DNIT (2006) para base granular. Isso já era previsto devido ao grande percentual de finos presentes no resíduo e a granulometria do solo apresentar 51,36% de materiais finos. Ressalta-se que o DNIT não estabelece faixas granulométricas para o emprego de materiais em camadas de sub-base e reforço do subleito.

### 3.2 Análise dos limites de consistência

A Tabela 2 resume os valores obtidos dos limites de consistência nas amostras de solo, resíduo e das misturas solo-resíduo.

**Tabela 2:** Resultados dos Limites de consistência

Amostra	Limites de consistência		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Solo	31,85	24,62	7,23
RBMG	NP	NP	NP
80% Solo 20% RBMG	28,74	21,54	7,20
70% Solo 30% RBMG	27,14	19,91	7,23
60% Solo 40% RBMG	26,1	18,72	7,32
50% Solo 50% RBMG	26,73	19,84	6,89

De forma geral, houve pouca variação quanto aos valores dos índices de plasticidade. De acordo com as exigências de DNIT (2006), o solo e as misturas de solo-resíduo não se adequaram para utilização em camada de base, pois não apresentaram  $LL \leq 25\%$  e  $IP \leq 6\%$ , o que pode ser explicado pela natureza laterítica do solo.

### 3.3 Compactação

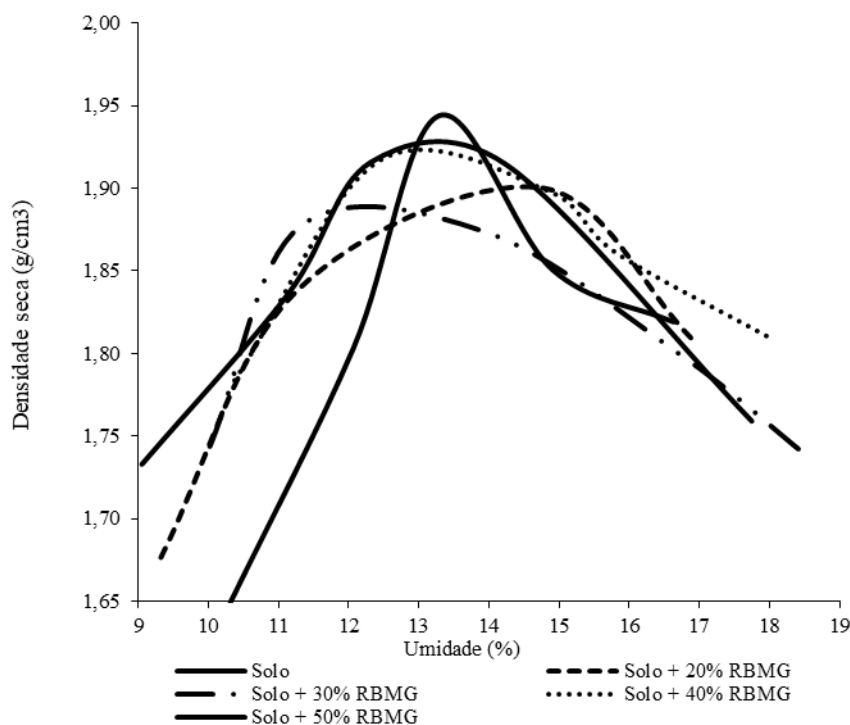
A Tabela 3 apresenta os valores obtidos das massas específicas aparentes secas máximas ( $\gamma_s$  máx.) e as umidades ótimas ( $hót$ ) para as amostras solo e solo-resíduo, utilizando a energia intermediária.

**Tabela 3:** Resultados das massas específicas e das umidades ótimas

Amostra	$\gamma_s$ máx. (g/cm <sup>3</sup> )	$hót$ (%)
solo	1,95	13,4
20% RBMG	1,90	12,8
30% RBMG	1,93	12,7
40% RBMG	1,89	12,1
50% RBMG	1,93	13,1

Observa-se que as menores densidades correspondem às misturas com 20% e 40% de RBMG e as amostras com 30% e 50% de resíduo apresentaram densidades máximas próximas às do solo. O aumento da massa específica aparente seca, do solo, produzido pela compactação depende principalmente do teor de umidade do solo e da quantidade de compactação aplicada, porém devido aos problemas encontrados para realizar as coletas das amostras em campo (indisponibilidade de material) planejou-se executar apenas um ensaio para cada amostra, assim dentre os resultados apresentados das misturas solo-resíduo, sendo necessário repeti-los a fim de se obter dados mais precisos e poder compará-los a fim de estabelecer uma relação entre eles. De um modo geral as misturas apresentaram valores próximos para a umidade ótima e densidade máxima, variando, respectivamente, entre 12,8% a 13,1% e 1,89 g/cm<sup>3</sup> a 1,93 g/cm<sup>3</sup>.

A Figura 4 apresenta graficamente todas as curvas de compactação obtidas nos ensaios.



**Figura 4:** Curvas de compactação

Verifica-se que as curvas apresentaram o formato regular típico de solos com predominância de materiais finos, ressalta-se que todas as amostras foram submetidas à mesma energia de compactação por isso o formato das curvas solo-resíduo tiveram pouca variação. É possível perceber que a única curva que apresenta um formato mais fechado que as demais é a do solo natural. De acordo com Pinto (2006), os solos com comportamento laterítico apresentam ramo ascendente da curva mais íngreme do que os solos residuais e os solos transportados não laterizados, como acontece com o solo analisado em estado natural.

### 3.4 Índice de Suporte Califórnia

Os resultados obtidos dos valores de CBR e expansão para as amostras de solo e para as misturas solo-resíduo na energia de compactação intermediária estão apresentados na Tabela 4.

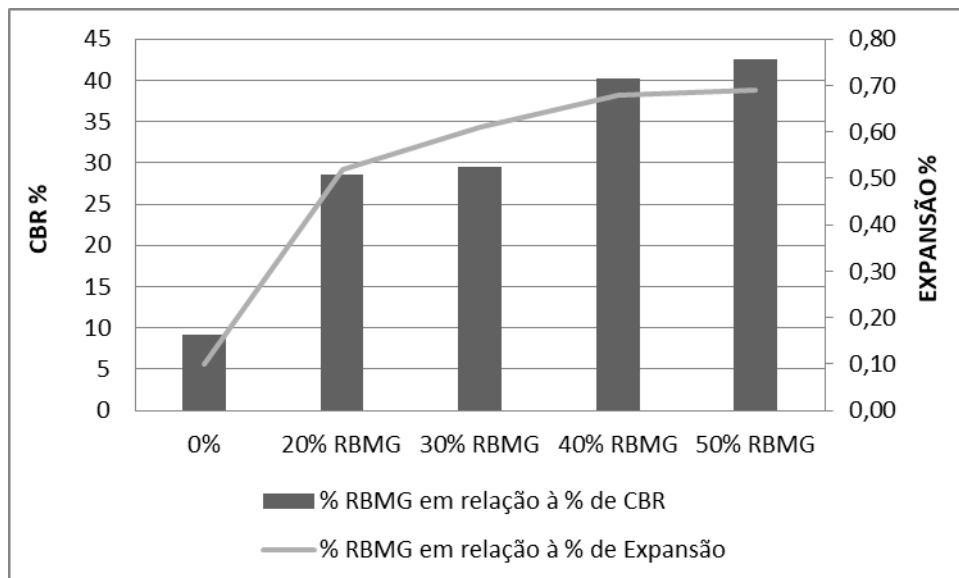


**Tabela 4:** Resultados dos valores do CBR e expansão

Amostra	CBR (%)	Expansão
Solo	9,13	0,10
80% Solo 20% RBMG	28,61	0,52
70% Solo 30% RBMG	29,50	0,61
60% Solo 40% RBMG	40,21	0,68
50% Solo 50% RBMG	42,55	0,69

Observa-se que o solo em seu estado natural não possui característica de resistência adequada para camada de sub-base de pavimentação, mas a depender das características do subleito, pode ser utilizado como reforço do subleito ou mesmo como material de empréstimo para camadas de acabamento de aterro.

Para uma melhor análise do comportamento das misturas apresentadas, a Figura 5 apresenta em forma de gráfico de barras os valores do ISC e expansão em relação às porcentagens de resíduo incorporadas ao solo em estudo.



**Figura 5:** CBR e Expansão x Porcentagem de RBMG

As misturas de solo-resíduo não se enquadram nas especificações exigidas pelo DNIT para uso em camadas de base de rodovias. Porém, o acréscimo do CBR com a incorporação de resíduo em relação à massa do solo, possibilitou que todas as misturas propostas tornassem apropriadas para camada de sub-base rodoviária ( $CBR \geq 20\%$  e  $expansão \leq 1\%$ ), como também em camada de reforço do subleito ( $CBR > CBR$  do subleito e  $expansão \leq 1\%$ ).

As misturas de solo com 40% e 50% de RBMG apresentaram maiores valores de CBR, apresentando os melhores resultados em ganhos ambientais para destinação de resíduos. Nota-se também que o valor da expansão aumenta à medida que se adiciona resíduo, uma vez que, o solo apresentou expansão quase nula (0,10%), e as misturas solo-resíduo, todavia,



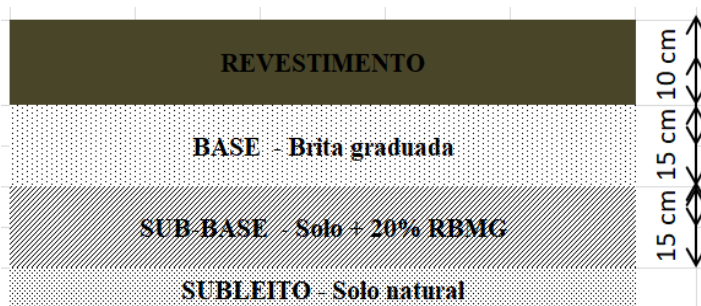
apresentaram valores entre 0,52% e 0,69%. A literatura indica que em geral a expansão está relacionada ao tipo e à quantidade de finos que estão presentes no material, estando o estudo alinhado com a literatura, pois à medida que se ampliou a proporção de resíduo de RBMG (material fino) a expansão cresceu, mas não ao ponto de inviabilizar sua aplicação nas camadas de sub-base e reforço do subleito.

### 3.5 Análise de viabilidade do uso do RBMG

Com a finalidade de se verificar a aplicabilidade das misturas solo-resíduo em camada de sub-base, optou-se a escolha das porcentagens com: 20% e 50%. Para tanto, tomou-se como exemplo o dimensionamento do pavimento da obra de Restauração e Duplicação da Rodovia AL – 220, o qual apresenta a camada de sub-base com 15 cm de espessura, 9 m de largura de plataforma e 63,4 km de extensão.

#### 3.5.1 Opção 1: Mistura de solo com 20% de RBMG

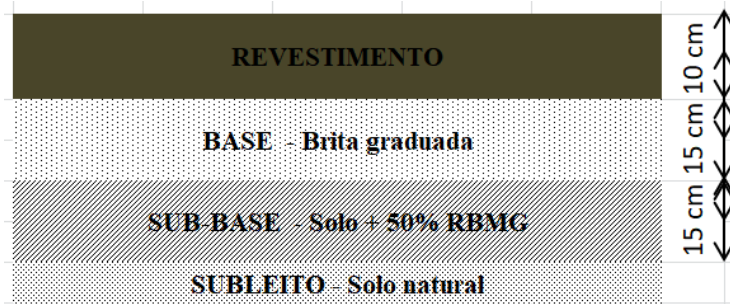
Pelos dados apresentados na Tabela 4, observa-se que mistura de solo com 20% de resíduo apresentou CBR de 28,61%, desse modo, esta opção atende os requisitos de dimensionamento de pavimentos flexíveis conforme o método Murilo Lopes (ISC = 20% para o cálculo da espessura da camada de sub-base). A partir dos dados apresentados da obra, estimou-se um volume de 17.118 m<sup>3</sup> de RBMG para aplicação em camada de sub-base. Esta opção mostra-se mais vantajosa no requisito logístico relacionado ao custo de transporte do material até a obra, devido à menor quantidade de resíduo em volume a ser transportada. A Figura 6 apresenta a estrutura do pavimento proposto nesta opção.



**Figura 6:** Estrutura do pavimento da Rodovia AL-220, utilizando mistura de solo + 20% RBMG na camada de sub-base

#### 3.5.2 Opção 2: Mistura de solo com 50% de RBMG

Com a finalidade de se verificar os maiores ganhos ambientais, foi feita uma análise da mistura de solo com 50% de RBMG, o qual apresentou ISC de 42,55% e assim como a opção 1 também obedece aos critérios de dimensionamento de pavimento segundo o método Murilo Lopes. Dessa forma, estimou-se um volume de 42.795 m<sup>3</sup> de RBMG para aplicação em camada de sub-base para obra de Restauração e Duplicação da Rodovia AL – 220. Essa alternativa apresenta vantagens na mitigação dos impactos ambientais, ao encontrar um destino para os resíduos gerados na Indústria de Beneficiamento de rochas ornamentais e como forma de substituição parcial do solo de jazida, que por sua vez, não possui características apropriadas para utilização em camadas inferiores de pavimento. Ressalta-se que para camada de sub-base da obra tomada como referência, utiliza-se solução de solo estabilizado granulometricamente. A Figura 7 apresenta a estrutura do pavimento proposto na opção 2.



**Figura 7:** Estrutura do pavimento da Rodovia AL-220, utilizando mistura de solo + 50% RBMG na camada de sub-base

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que as duas opções sugeridas pelo o trabalho apresentaram nos dimensionamentos das camadas mesma espessura na aplicação da mistura na sub-base, a mistura de 50% se apresentou como mistura de maior viabilidade em termos técnicos ambientais, uma vez que o reaproveitamento do RBMG seria maior, aliado ao fato de economia de solo trazido da jazida, sendo considerado um cenário de escassez de solo utilizável na região. Além disso, a mistura solo-resíduo apresentou um valor satisfatório de suporte, com ISC superior a 40%.

Desta forma, apesar do estudo não analisar parâmetros obtidos com equipamento de ensaio triaxial de carga repetida, tais como módulo de resiliência e deformação permanente, foi possível concluir que uso do RBMG é uma provável solução sustentável para a engenharia pavimentos. Com isso, é sugerido que mais ensaios mecânicos sejam utilizados de forma que futuras análises de viabilidade do uso do resíduo englobem o dimensionamento das camadas através de métodos mecanísticos-empíricos. Adicionalmente, também é sugerido que haja uma análise econômica mais detalhada, levando em consideração custos logísticos e de implantação.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (1984a). *NBR 6459: Solo – determinação do limite de liquidez. Método de ensaio.* Rio de Janeiro.
- ABNT (1984b). *NBR 7180: Solo – determinação do limite de plasticidade. Método de ensaio.* Rio de Janeiro.
- ABNT (1984c). *NBR 7181: Solo – análise granulométrica. Método de ensaio.* Rio de Janeiro.
- ABNT (1986a). *NBR 6457: Amostras de solo - preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.* Rio de Janeiro.
- ABNT (1986b). *NBR 7182: Solo – ensaio de compactação. Método de ensaio.* Rio de Janeiro.
- ABNT (1987). *NBR 9895: Solo – índice de Suporte Califórnia. Método de ensaio.* Rio de Janeiro.
- Canut, M. M. C. (2006). *Estudo da viabilidade do uso do resíduo do fofogesso como material de construção.* Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- Carvalho, C. T. (2017). Utilização de Resíduo da Produção do Aço na melhoria das características mecânicas do solo laterítico de Brasília. *Anais do 20º Reunião de Pavimentação Urbana.* RPU, Santa Catarina.
- DNER (1981). *IPR 667: Método de projeto de pavimentos flexíveis.* 3. ed. Rio de Janeiro.
- DNIT (2006). *Manual de pavimentação.* 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.
- Google Earth (2018). Disponível em: <<https://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em: Maio de 2018.
- Hilario, R.Q. et al. (2016). *Estudo do Pavimento Reciclado como Base de Rodovias. Anais do XVII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica.* COBRAMSEG, Belo Horizonte
- Lisboa, E. M. (2004). *Obtenção do Concreto Auto-Adensável utilizando Resíduo do Beneficiamento do Mármore e Granito e Estudo de Propriedades Mecânicas.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL.

- Luz, M. P. (2008). *Aproveitamento de fíler de pedreiras da região metropolitana de Goiânia em pavimentos flexíveis urbanos: avaliação técnica e sócio-ambiental*. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Menezes, R. R. et al. (2007) *Análise da co-utilização do resíduo do beneficiamento do caulim e serragem de granito para produção de blocos e telhas cerâmicos*. *Cerâmica*, São Paulo, v. 53, n. 326, p. 192-199, ISSN 0366-6913.
- Moraes, J. M. S. et al. (2016) Sistemização de Caracterização de Lamas Abrasivas de Corte de Rocha Ornamental para Orientação de seu Aproveitamento como Matéria Prima na Indústria da Construção Civil. *Anais do XVII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*. COBRAMSEG, Belo Horizonte.
- Moura, W. A. et al. (2002) Utilização do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais (mármore e granitos) na construção civil. *Anais do IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. ENTAC, Paraná.
- Neves, G. de A. (2002) *Reciclagem de Resíduos da Serragem de Granitos para uso como Matéria-Prima Cerâmica*. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.
- Nogami, J. S.; Villibor, D. F. (1981). Uma nova classificação de solos para finalidades rodoviárias. *Anais do Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais em Engenharia*. Rio de Janeiro.
- Pinto, C. S. (2006). *Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos.
- Silva, N. A. B. de S.; Paranhos, H. da S.; Garcia, L. M. (2017) Resíduo de Marmoraria como material para pavimentação. *Anais do 20º Reunião de Pavimentação Urbana*. RPU, Santa Catarina.

---

Raíssa Rodrigues Cardoso de Farias (raissa.farias@ctec.ufal.br)  
Pedro Guilherme Pinheiro Santos Fernandes (pedrofernandes@det.ufc.br)  
Aline Calheiros Espíndola (aline.espindola@ctec.ufal.br)  
Centro de Tecnologia – CTEC, Universidade Federal de Alagoas  
Campus A.C. Simões, Cidade Universitária - 57072970, Maceió, AL, Brasil