

**ESTUDO DO POTENCIAL DE SUBSTITUIÇÃO DA AREIA POR RESÍDUO DE MINERAÇÃO DE QUARTZO EM CONCRETOS ASFÁLTICOS**

Damares de Sá Ramalho Neta (*), Larissa Santana Batista, Nayla Kelly Antunes de Oliveira, Maelle Guedes Passos, Suélen Silva Figueiredo Andrade.

* Universidade Federal de Campina Grande, damaresramalhon@gmail.com

RESUMO

A atividade mineradora é responsável pela geração de resíduos que causam impactos ambientais, sociais e econômicos. Esses resíduos, geralmente em grandes quantidades, devem ser destinados e reinseridos em um novo âmbito, de forma a reduzir os efeitos causados pelo acúmulo dos mesmos. A pavimentação é uma área que se demonstra como uma alternativa pertinente para essa inserção, a camada de revestimento tem sua estrutura quase completamente composta por agregados minerais, que estão cada vez mais escassos. Dessa forma, essa pesquisa teve como objetivo a incorporação do resíduo de quartzo no concreto asfáltico usinado a quente, em substituição da areia natural, como forma alternativa de transversalizar essas problemáticas. A pesquisa foi feita a partir da caracterização física do resíduo de quartzo, seguida da confecção dos corpos de prova, convencional e com substituição da areia pelo resíduo nas porcentagens de 50% e 100%, a partir da dosagem Superpave e, por último, os ensaios mecânicos de resistência a tração por compressão diametral e módulo de resiliência. Obteve-se um comportamento favorável do concreto asfáltico com a incorporação do resíduo de quartzo, apresentando os parâmetros necessários de acordo com os ensaios realizados e ainda mostrando um desempenho mecânico superior ao concreto asfáltico de referência, de forma que dentre todos as misturas estudadas o que conteve 100% do resíduo de quartzo mostrou-se mais eficiente.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto asfáltico alternativo, Mineração, Resíduo de quartzo, Agregado.

ABSTRACT

The mining activity is responsible for the generation of waste that causes environmental, social and economic impacts. These wastes, usually in large quantities, should be disposed of and reinserted in a new scope, so as to reduce the effects caused by their accumulation. Paving is an area that is shown as a relevant alternative for this insertion, the coating layer has its structure almost completely composed of mineral aggregates, which are increasingly scarce. Thus, this research had as its objective the incorporation of the quartz residue in hot-rolled asphalt concrete, replacing natural sand, as an alternative way to mainstream these problems. The research was done from the physical characterization of the quartz residue, followed by the preparation of the test specimens, with the replacement of the sand by the residue in the percentages of 50% and 100%, from the Superpave dosage and, finally, the mechanical tensile strength tests by diametral compression and resilience modulus. A favorable behavior of asphalt concrete with the incorporation of the quartz residue was obtained, presenting the necessary parameters according to the tests performed and still showing a mechanical performance superior to the reference asphalt concrete, so that among all the studied mixtures what contained 100% of the quartz residue proved to be more efficient.

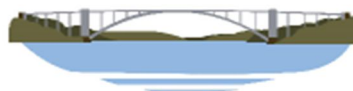
KEY WORDS: Alternative asphalt concrete, Mining, Quartz residue, Aggregate.

INTRODUÇÃO

As reservas minerais brasileiras são bem diversificadas, dentre elas pode-se citar o mineral quartzo. Segundo Luz e Braz (2000), o Brasil detém grandes reservas de minério de quartzo em grande quantidade e alta qualidade. De acordo com Marques (2013) esse mineral é uma matéria-prima básica para diversos setores da indústria, é empregado em seguimentos de alta tecnologia, dentre: eletrônica, indústria óptica, equipamentos de instrumentação, fibras ópticas, e até mesmo utilizado como: abrasivos, cerâmicas, metalurgia, indústria civil e outras.

A mineração, apesar dos benefícios econômicos, é responsável por causar consideráveis impactos ambientais e sociais, produzem resíduos que muitas vezes são estocados ocupando grandes espaços, causando poluição visual, poluição sonora, emissão de particulados e possíveis danos à saúde. É necessária uma gestão adequada desses resíduos, que os destinem para setores onde possam ser utilizados, como forma alternativa de diminuir os efeitos por eles provocados.

O aproveitamento dos resíduos através do desenvolvimento de pesquisas visa detectar as potencialidades e viabilidade sendo encarado hoje como uma atividade complementar, que pode contribuir para a diversificação do produto, diminuição



de custos e danos ambientais, resultando também em uma nova matéria-prima para ser utilizada em diversos setores industriais (CARLOS, 2018).

Dentre os setores da construção civil a pavimentação é um campo que aparece como promissor para essa aplicação, por meio da substituição de agregado miúdo pelo resíduo de mineração. O pavimento flexível é o mais difundido no Brasil, abrange uma grande área e utiliza uma quantidade considerável de agregados, o que impactaria de maneira relevante na retirada dos depósitos e no reuso do resíduo. Concretos asfálticos densos são as misturas asfálticas usinadas a quente mais utilizadas como revestimentos asfálticos de pavimentos no Brasil (BERNUCCI et al., 2010).

Além disso, deve-se também levar em consideração a importância das rodovias brasileiras para o país e que essas não se encontram em condições adequadas. Segundo dados da Confederação Nacional dos Transportes (CNT) (2018), em 2018, apenas 12,4% das rodovias brasileiras são pavimentadas, e destas, 57% foram classificadas como em estado regular, ruim ou péssimo. Mostrando, dessa maneira, o quanto ainda deve ser investido nesse setor, para garantir a economia, a segurança e conforto dos usuários.

Parte das rodovias não pavimentadas encontram como obstáculo o custo e a escassez de materiais convencionais, o que faz com que haja a necessidade de busca de novas alternativas. Dessa forma, torna-se necessário a busca por materiais alternativos reciclados ou existentes nas localidades que substituam ou reduzam o uso das matérias primas convencionais (CRUZ, 2018).

OBJETIVOS

Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo geral estudar viabilidade da incorporação do resíduo de mineração de quartzo ao concreto asfáltico, com seu uso em substituição parcial e total do agregado miúdo, de modo a proporcionar uma possível destinação para tal resíduo, rentabilizando-o e ainda reduzindo os danos ambientais e sociais causados por esse.

METODOLOGIA

Os materiais empregados na confecção do concreto asfáltico foram a brita 12,5 mm e brita 19 mm, areia média, pó de pedra, cal hidratada, cimento asfáltico de petróleo 50/70 e resíduo de quartzo. Após a coleta do resíduo de quartzo no município de Parelhas – PB, fez-se a caracterização física do resíduo, assim como dos agregados miúdos e agregados graúdos.

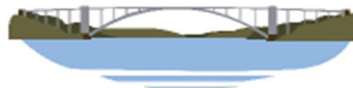
Em seguida, foi feita a dosagem a partir da metodologia Superpave dos corpos de prova para obtenção do teor ótimo para o concreto asfáltico de referência, ou seja, sem adição de resíduo. Os corpos de prova foram moldados com duas porcentagens de substituição da areia por resíduo de quartzo (50% e 100%), além da confecção do corpo de prova convencional, para realização de ensaios mecânicos: resistência a tração por compressão diametral e módulo de resiliência.

Todos os ensaios realizados estão descritos a seguir na Tabela 1 abaixo, regidos pelas respectivas normas técnicas.

Tabela 1. Ensaios realizados e normas utilizadas.

Fonte: AUTOR, 2019.

MATERIAL	NORMA	ENSAIO
AGREGADOS	DNER – ME 083/98	Análise granulométrica
	DNER – ME 084/95	Determinação da densidade real
	DNER – ME 054/97	Equivalente areia
	DNER – ME 081/98	Determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo
	DNER – ME 035/98	Determinação abrasão Los Angeles
	DNER – ME 086/94	Determinação do índice de forma
MISTURA	NBR 16018/2011,	Determinação do módulo de resiliência
	DNIT – ME 136/10	Determinação da resistência à tração por compressão diametral



RESULTADOS

O ensaio de granulometria dos agregados miúdos, incluindo o resíduo de quartzo, foi feita com base na norma DNER – ME 083/98 e obteve-se as curvas granulométricas apresentadas na figura 1 a seguir.

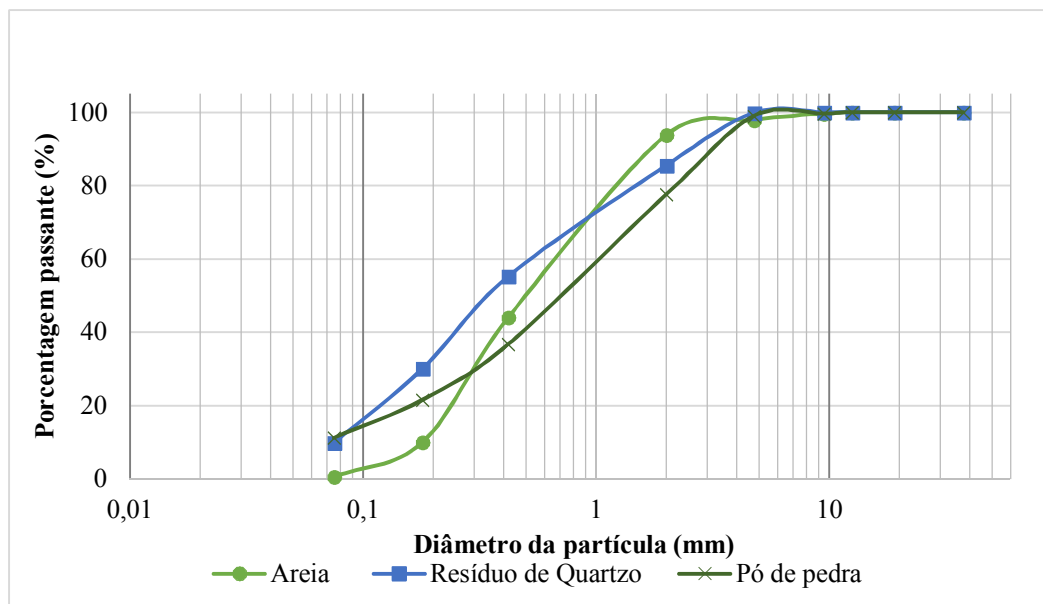


Figura 1: Curvas granulométricas dos agregados miúdos.

Observa-se a partir desses gráficos que as distribuições granulométricas da areia e resíduo de quartzo apresentam algumas diferenças. O resíduo de quartzo apresenta uma maior quantidade de partículas finas quando comparado a areia natural, o que pode influenciar, principalmente, na rigidez da mistura. Pode-se analisar, ainda, a curva granulométrica do pó de pedra que apresentou uma maior granulometria das partículas, apesar de se equiparar seu teor de finos com o do resíduo de quartzo.

Para o ensaio de densidade específica e absorção dos agregados miúdos, os resultados obtidos estão apresentados na tabela 2 abaixo.

Tabela 2. Massa específica e absorção dos agregados miúdos.

Fonte: AUTOR, 2019.

Agregado miúdo	Absorção (%)	Massa específica real (g/cm ³)
Areia	0,60	2,42
Resíduo de quartzo	0,41	2,39
Pó de pedra	0,80	2,58

A absorção apresentada pelo resíduo de quartzo é inferior à da areia. A areia apresentando cerca de 46% maior que o resíduo de quartzo. Essa variação influencia o teor de cimento asfáltico de petróleo (CAP) dos concretos asfálticos, de forma que agregados menos porosos necessitam de um teor de ligante menor, assim como agregados com maior porosidade demanda de um maior teor de ligante. Assim, para o resíduo de quartzo, existirá uma maior quantidade de CAP disponível na mistura, não absorvido pelo agregado, em relação ao concreto asfáltico convencional.

Os resultados de equivalente (EA) encontrados foram de 77,44 % para a areia, 87,3 para o resíduo de quartzo e 70,86 para o pó de pedra. Esses valores encontram-se dentro do critério do DNIT, visto que os mesmos apresentaram EA maior que 55%.

A figura 2 abaixo apresenta as curvas granulométricas dos agregados graúdos utilizados para a confecção dos concretos asfálticos.

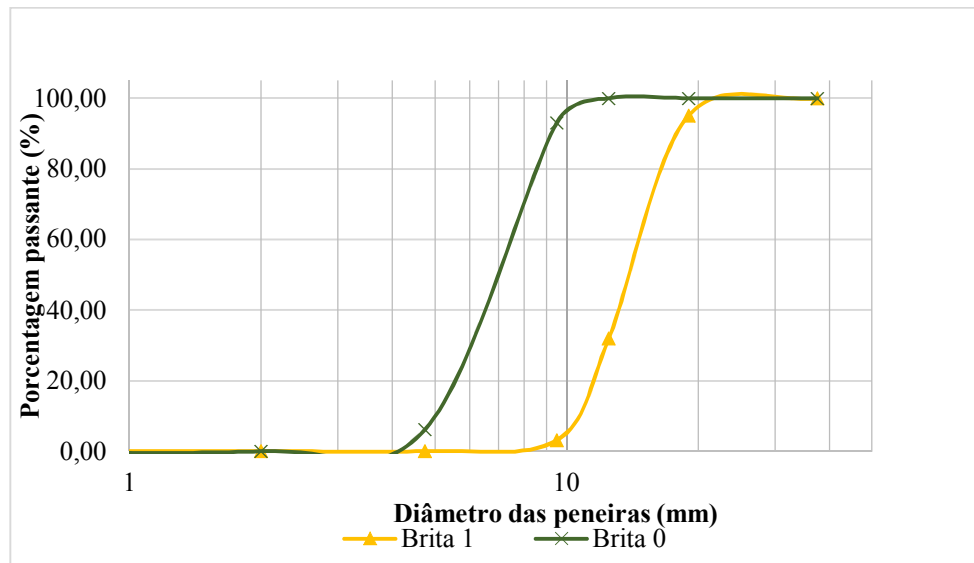
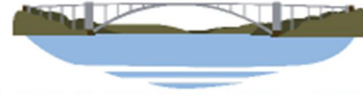


Figura 2: Curvas granulométricas dos agregados graúdos.

Os resultados de abrasão Los Angeles das britas 19 e 12,5 foi de respectivamente de 24% e 29%, encontrando-se dentro do padrão exigido pela norma DNER-ME 035/98, igual ou inferior a 50%. Dessa forma, quanto menor o resultado de abrasão Los Angeles maior será a resistência ao desgaste, assim, classificando os agregados graúdos em estudo como aptos nesse quesito.

Para o ensaio de índice de forma, realizado para a brita 19 mm, apresentou resultado de 0,90. De acordo com a especificação do DNIT, esse índice deve estar entre 0,5 e 1,0, indicando que quanto mais próximo do 1,0 mais cúbico é o agregado e quanto mais próximo de 0,0 mais lamelar. Diante das considerações, a brita 19mm que se fez uso apresenta partículas de formato mais cúbico, favorecendo as propriedades mecânicas da mistura.

Quanto aos ensaios mecânicos, a resistência a tração por compressão diametral apresentado pelos concretos asfálticos em estudo estão apresentados graficamente na figura 3 abaixo.

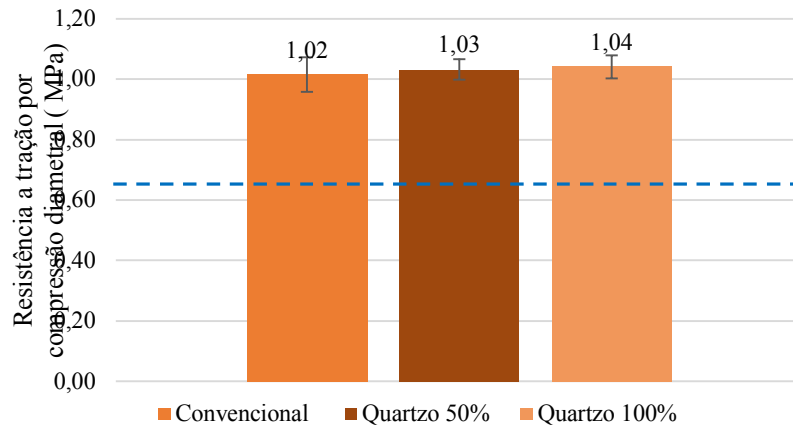


Figura 3: Resultados do ensaio de resistência à tração por compressão diametral (RT).

Esse ensaio determina a tensão máxima suportada pela mistura asfáltica antes da sua ruptura, pode-se observar que todas as porcentagens ficaram dentro do aceitável pela norma DNIT – ME 136/10 que estabelece para concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) a RT mínima de 0,65 MPa.

Para o ensaio de módulo de resiliência (MR), realizados a partir das especificações da norma brasileira 16018/2011, os resultados obtidos estão apresentados na figura 4 a seguir.

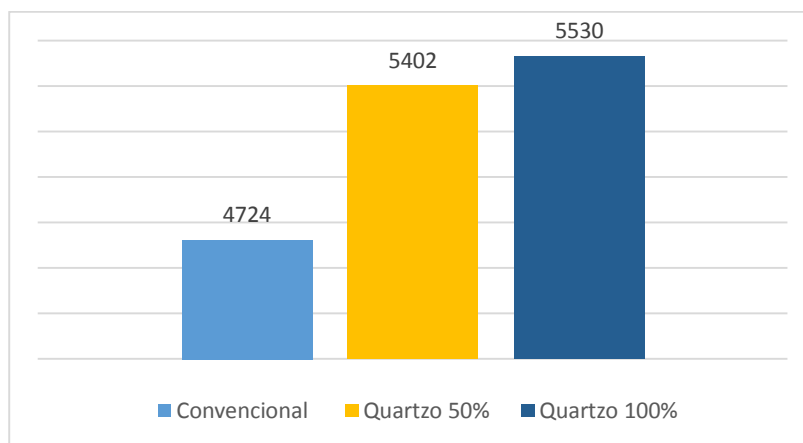
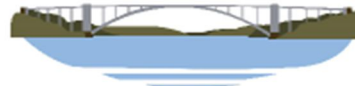


Figura 3: Resultados do ensaio de módulo de resiliência (MR).

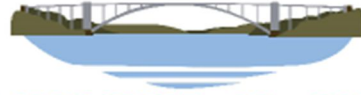
Comparando o concreto asfáltico de referência com os concretos alternativos pode-se perceber menores valores de resistência, isso indica que a incorporação dos resíduos tornou o concreto asfáltico mais rígido. Segundo Bernucci et al. (2010) são encontrados tipicamente valores de 2.000 a 8.000 MPa para o ensaio de módulo resiliência. Com base nos resultados encontrados afirma-se que todos os concretos asfálticos, com e sem a incorporação de resíduo de quartzo, apresentam valores dentro da faixa citada.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados apresentados, é possível concluir que a utilização do resíduo de mineração de quartzo em substituição da areia em concreto asfáltico é uma alternativa propícia, tendo em vista que o resíduo se demonstrou, por meio da sua caracterização física, compatível para a substituição do agregado miúdo, e ainda o concreto asfáltico alternativo obteve resultados satisfatórios em relação ao concreto asfáltico de referência (convencional) nos ensaios mecânicos. Dessa forma, a utilização desse resíduo acarreta uma possível aplicação na pavimentação de rodovias brasileiras, além de proporcionar, do ponto de vista ambiental, uma destinação para o resíduo minimizando os impactos causados por esse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER – ME 035/98**. Agregados – Determinação Da Abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, 1998.
2. _____. **DNER – ME 081/98**. Agregados: Determinação da Absorção e da Densidade de Agregado Graúdo. Rio de Janeiro, 1998.
3. _____. **DNER – ME 083/98**. Agregados – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1998.
4. _____. **DNER – ME 084/95**. Agregado Miúdo: Determinação de Densidade Real. Rio de Janeiro, 1995.
5. _____. **DNER – ME 086/94**. Agregado: Determinação de Índice de Forma. Rio de Janeiro, 1994.
6. DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. **DNIT – ME 136/2010**. Determinação da Resistência à Tração Por Compressão Diametral. Rio de Janeiro, 2010.
7. CRUZ, G. K. A. **Influência das propriedades morfológicas e dos métodos de seleção granulométrica nas propriedades mecânicas de misturas asfálticas**. 2018. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Programa de Pós-graduação em recursos Naturais, Centro de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2018.
8. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2018: relatório gerencial**. Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2018.
9. CARLOS, E. M. **Efeito da adição de resíduo de scheelita no comportamento técnico-mecânico e reológico de argamassas para engobes cerâmicos**. 122f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.
10. LUZ, A. B.; BRAZ, E. **Série Rochas e Minerais Industriais: Quartzo**. Rio de Janeiro. CETEM/MCT. Rio de Janeiro. 2000. p. 5-6.
11. MARQUES, P. S. G. **Caracterização e Purificação de Quartzo para Indústria Fotovoltaica**. Monografia - Curso de Engenharia Metalúrgica da Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2013.



12. BERNUCCI, L.; MOTTA, L. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2010.
13. _____. **DNER – ME 054/97**. Equivalente Areia. Rio de Janeiro, 1997.