



**II CONEPETRO**

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE  
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

## DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL (RT) DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS CONTENDO RESÍDUO OLEOSO DE PETRÓLEO

Letícia Maria Macêdo de Azevedo<sup>1</sup>; Walter Rubens Ribeiro Feitosa Batista<sup>2</sup>; Camila Luz Gonçalves Nunes<sup>3</sup>; Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Graduando em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil; Universidade Federal de Campina Grande - UFCG; Campina Grande-PB; [leticia\\_azevedo@hotmail.com](mailto:leticia_azevedo@hotmail.com); [walter\\_rubens1@hotmail.com](mailto:walter_rubens1@hotmail.com); [camilanunes.engcivil@hotmail.com](mailto:camilanunes.engcivil@hotmail.com)

<sup>4</sup> Professora, Doutora, Departamento de Engenharia Civil; Universidade Federal de Campina Grande - UFCG; Campina Grande-PB; [ana.duartemendonca@gmail.com](mailto:ana.duartemendonca@gmail.com)

### RESUMO

Além de proporcionar maior acessibilidade e praticidade aos usuários, outras finalidades da construção de uma rodovia são promover segurança, juntamente com conforto e economia, seja para o transporte de pessoas ou mercadorias, abrindo novos espaços para desenvolvimento das regiões mais próximas e possibilitando a consolidação da economia naquela região. Assim, há uma habilidade da engenharia de pavimentos no estudo e aplicação de novas tecnologias que viabilizem o lado econômico, durável, resistente e sustentável, moldando-se a necessidade nacional e, melhorando ou mantendo as características já vigentes. Portanto, estabeleceu-se esse estudo com a incorporação de resíduo oleoso de petróleo – proveniente do refino do petróleo - em pavimentos asfálticos na expectativa de mitigar a deposição inadequada do resíduo no meio ambiente, proporcionar evoluções nas propriedades mecânicas dos pavimentos asfálticos, otimizando resultados de maneira sustentável. Este trabalho objetivou determinar a resistência a tração por compressão diametral (RT) de pavimentos asfálticos contendo resíduo oleoso de petróleo. Foram preparadas as misturas com o teor 5,3% de CAP e 3,0% de resíduo oleoso e submetidas a ensaio de resistência a tração por compressão diametral. Observou-se que os resultados obtidos foram satisfatórios para o ensaio de tração por compressão diametral, onde a mistura com teor aproximado de 4,5% de resíduo oleoso (RO) e 5,3% de CAP apresentou resistência de 44,5% superior ao mínimo estabelecido pelo DNIT, sendo o máximo notado de 0,939 MPa.

**Palavras-chave:** pavimentação, resíduo oleoso, asfalto.

### 1. INTRODUÇÃO

Além de proporcionar maior acessibilidade e praticidade aos usuários, outras finalidades da construção de uma rodovia são promover segurança, juntamente com conforto e economia, seja para o

transporte de pessoas ou mercadorias, abrindo novos espaços para desenvolvimento das regiões mais próximas e possibilitando a consolidação da economia naquela região [CNT, 2007].

Entretanto, no Brasil, apesar do sistema de tráfego viário ser bastante solicitado, é

**www.conepetro.com**  
**.br**

(83) 3322.3222

[contato@conepetro.com.br](mailto:contato@conepetro.com.br)

comum depois de algum tempo perceber a degeneração dos pavimentos, principalmente trincas por fadiga e acúmulo de deformações permanentes nas trilhas de rodas. Segundo Neves Filho [2004] uma das causas da alta ocorrência de deformações permanentes,

deve-se a baixa resistência ao cisalhamento que depende de fatores como: organização dos agregados minerais e susceptibilidade térmica.

Logo, diante deste cenário, há uma habilidade da engenharia de pavimentos no estudo e aplicação de novas tecnologias que viabilizem o lado econômico, durável, resistente e sustentável, moldando-se a necessidade nacional e, melhorando ou mantendo as características já vigentes.

De acordo com Di Giulio [2007], as pesquisas referentes a incorporação de resíduos em ligantes asfáltico vem crescendo nos últimos anos. Assim, seguindo o mesmo pensamento, estabeleceu-se esse estudo com a incorporação de resíduo oleoso de petróleo – proveniente do refino do petróleo - em pavimentos asfálticos.

Além de ser uma das principais fontes de energia, o petróleo também desempenha papel importante como matéria prima para a manufatura de vários bens de consumo e, dessa maneira, designa um papel cada vez mais relevante na vida da sociedade. Diante

desto, o refino do petróleo é a atividade essencial na indústria, constando da separação de seus componentes. Caso contrário, na forma bruta, o composto orgânico apresenta pouco ou nenhum valor comercial [MARIANO, 2011].

Na indústria petrolífera, desde a perfuração até a distribuição do transporte de derivados é favorecida a geração de resíduos oleosos, onde os principais são a borra oleosa e o solo contaminado por óleo [CAVALCANTE *et al.*, 2011].

Logo, é de suma importância a incorporação da consciência ambiental na concepção, no planejamento e na operação de refinarias. Além disso, empregando o resíduo oleoso na pavimentação asfáltica espera-se que agregue valor ao resíduo, haja uma diminuição da sua deposição inadequada no meio ambiente, como também, melhora nas propriedades mecânicas dos pavimentos, otimizando resultados de maneira sustentável.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Materiais**

#### 2.1.1. Agregados graúdos

Para a pesquisa foram utilizadas britas de origem granítica como agregados graúdos, com dimensões máximas de 19,0 mm e 9,5

mm, provenientes de jazida localizada no município de Campina Grande – PB.

### 2.1.2. Agregado miúdo

Oriundo de jazida localizada no município de Campina Grande – PB, o pó de

pedra com diâmetro máximo de 4,8 mm foi utilizado como agregado miúdo na mistura asfáltica.

### 2.1.3. Fíler

O Resíduo Oleoso (RO), proveniente da perfuração de poços de petróleo da unidade de Taquipe da PETROBRÁS no Estado da Bahia, e originalmente em forma de cascalhos, foi submetido aos processos de trituração, destorroamento, e peneiramento, para a obtenção de partículas com dimensões menores que 0,075mm, adicionadas como fíler na mistura asfáltica e atuando como material de enchimento na mistura.

### 2.1.4. Ligante asfáltico

O Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) utilizado nessa pesquisa, fornecido pela PETROBRAS, foi caracterizado e

classificado pelo seu grau de penetração como CAP 50/70 de acordo com nova especificação

brasileira (ANP, 2005). O CAP 50/70 é comumente utilizado para misturas CBUQ na região Nordeste por apresentar menor suscetibilidade a altas temperaturas.

## **2.2. Métodos**

Para o desenvolvimento da pesquisa seguiu-se o fluxograma apresentado na Figura 1.

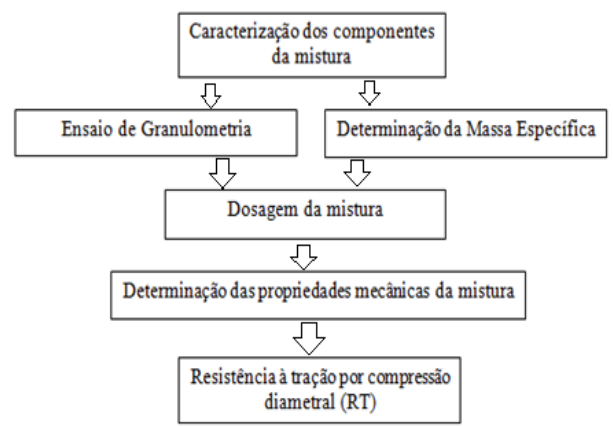


Figura 1: Fluxograma de atividades da pesquisa.

### 2.2.1. Caracterização dos componentes da mistura

Para a etapa de caracterização dos materiais, foram realizados: ensaios de granulometria e determinação da massa específica.



## 2.2.2. Determinação da massa específica

Para a determinação da massa específica dos agregados graúdos utilizou-se o método de ensaio DNER-ME 081/98. Para os agregados miúdos foi utilizado o método de ensaio DNER-ME 084/95.

## 2.2.3. Ensaio de granulometria

A distribuição granulométrica dos agregados é feita através do ensaio de granulometria. O ensaio foi realizado para os agregados graúdos e miúdos utilizando o processo de peneiramento de amostras, inicialmente secas em estufa até constância de massa e à temperatura de 25°C. Para a determinação da distribuição do tamanho dos grãos, foi utilizado a NBR 7181 (ABNT, 1984).

## 2.2.4. Dosagem da mistura

Após obtenção das curvas granulométricas características dos materiais, foi utilizado o método analítico para determinação dos teores de cada material na mistura, com o objetivo de enquadrá-la na faixa “C” do DNIT, descrita na especificação de serviço (DNIT 031/2006 – ES) para

pavimentos flexíveis. Nesta etapa, a mistura de agregados é considerada como 100%, e as porcentagens do ligante devem ser referentes a este percentual.

## 2.2.5. Determinação das propriedades mecânicas da mistura

Em pesquisa complementar desenvolvida na Universidade Federal de Campina Grande intitulada Utilização de Resíduos Oleosos em Revestimento Asfáltico, obteve-se o teor de 5,3% de CAP como teor ótimo da mistura, através da dosagem Marshall.

No presente estudo, para os ensaios de RT foram moldados três corpos de prova para cada teor de CAP, seguindo o método de Dosagem Marshall descrito na norma do DNER – ME 043/95, e compactados em uma única camada com 75 golpes por face. E para o ensaio de Módulo de Resiliência foram moldados 3 corpos de prova com o teor 5,3% de CAP e 3,0% de resíduo oleoso(RO), denominando-se de mistura A.

## 2.2.6. Resistência à tração por compressão diametral

O ensaio de resistência à tração por compressão diametral (RT) é um ensaio de ruptura, onde o corpo de prova é posicionado



horizontalmente e a carga é aplicada diametralmente a uma velocidade de  $0,8 \pm 0,1$  mm/s. Os ensaios foram conduzidos à temperatura de 25°C e realizados segundo a norma DNIT 136/2010-ME.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Caracterização dos componentes da mistura

A curva granulométrica foi obtida pelo ensaio de peneiramento dos agregados graúdos e miúdos e está representada na Figura 2.

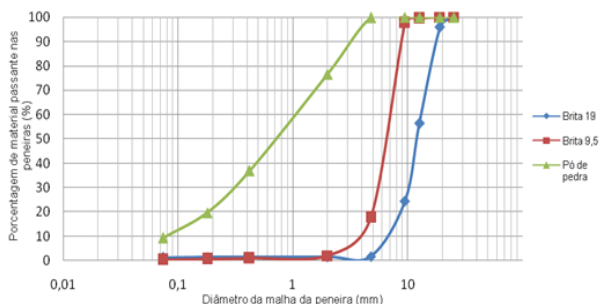


Figura 2: Curva Granulométrica dos agregados.

Conforme ilustra a Figura 2 as britas apresentam distribuição aberta, o que indica presença reduzida ou ausência de partículas com dimensões menores que 0,075mm, justificada pela sua distribuição uniforme.

Para suprir a necessidade de finos, foram utilizados como agregado miúdo o pó de pedra que apresentou distribuição bem

graduada e o resíduo oleoso (RO) como material de enchimento, que possui partículas com dimensões menores que 0,075mm.

A tabela 1 apresenta a classificação dos agregados quanto aos critérios de natureza, tamanho, coeficiente de uniformidade (CU), que relaciona o diâmetro estimado correspondente ao percentual acumulado de 40% e o diâmetro estimado correspondente ao percentual acumulado de 90%, e coeficiente de curvatura (CC) que determina a continuidade ou descontinuidade da concentração de faixas dos grãos mais grossos.

Tabela 1: Classificação dos agregados.

Agregado	Classificação quanto			
	À natureza	Ao tamanho	Ao coeficiente de uniformidade (CU)	Ao coeficiente de curvatura (CC)
Brita #9,5mm	Natural, proveniente de rochas ígneas.	Graúdo	Muito uniforme	Bem graduado
Brita #19 mm	Natural, proveniente de rochas ígneas.	Graúdo	Muito uniforme	Bem graduado
Pó de Pedra	Natural, proveniente de rochas ígneas.	Miúdo	Uniformidade média	Bem graduado

Os agregados graúdos, provenientes de rocha granítica apresentaram valores de massa específica com pouca variação. Apesar do pó de pedra ter a mesma formação que as britas, este apresentou valor inferior, o que pode ser explicado pelo fato deste material ser proveniente de jazida diferente. O valor obtido para o CAP 50/70, segundo literatura

foi de 1,207 g/cm<sup>3</sup>. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Massa específica.

Material	Massa específica do material (g/cm <sup>3</sup> )
Brita #19 mm	2,647
Brita #9,5 mm	2,662
Pó de Pedra	2,525
Resíduo Oleoso (RO)	2,340

### 3.2. Dosagem da mistura

Com a utilização do método analítico para elaboração do traço inicial para misturas de CBUQ, obteve-se o traço representado na Figura 3, que se enquadra entre o limite mínimo e máximo para faixa C do DNIT. Na Tabela 3 apresenta-se o teor de cada material presente na mistura.

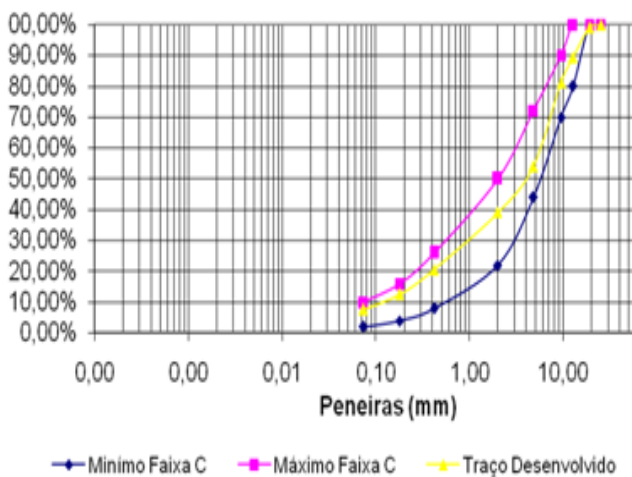


Tabela 3: Porcentagem dos materiais na mistura.

Material	Teor na mistura (%)
Brita #19,0mm	24,0
Brita #9,5mm	27,0
Pó de pedra	46,0
Resíduo Oleoso	3,0

Após determinação do traço inicial, foram feitas correções para adição do CAP na mistura, para a dosagem dos corpos de prova. Para cada teor de CAP, entre 3,5% e 5,5%, os teores iniciais sofreram modificações proporcionais, conforme apresentado nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Diminuição da porcentagem do teor na mistura.

Material	Diminuição da porcentagem				
CAP	-	-	-	-	-
Brita nº 19	0,84	0,96	1,08	1,20	1,32
Brita nº 9,5	0,94	1,08	1,21	1,35	1,49
Pó de Brita	1,62	1,84	2,07	2,30	2,53
Filer (RO)	0,1	0,12	0,14	0,15	0,16

Tabela 4: Dosagem dos corpos de prova.

Material	Distribuição do material na mistura asfáltica (%)				
CAP	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
Brita nº 19	23,16	23,04	22,92	22,80	22,68
Brita nº 9,5	26,06	25,92	25,79	25,65	25,51
Pó de Brita	44,38	44,16	43,93	43,70	43,47
Filer (RO)	2,90	2,88	2,86	2,85	2,84

### 3.3. Determinação das propriedades mecânicas da mistura

A Figura 4 mostra a variação da tensão média de compressão com aumento do teor de CAP na mistura.

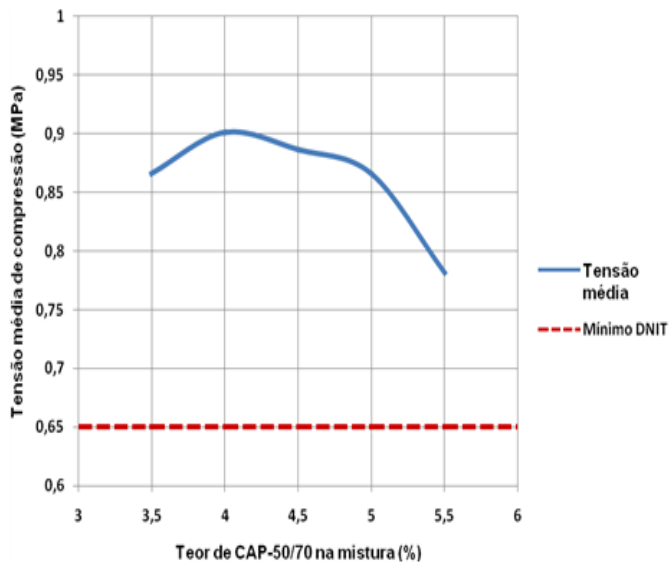


Figura 4: Teor de CAP da mistura (%) versus tensão média de compressão (MPa).

Para os quatro teores de fíler entre 2,84 e 2,90 fixos na mistura, ilustrados na Tabela 4, constatou-se que a mistura apresenta a maior tensão média de compressão 0,901MPa, para o teor de CAP de 4,0%, aproximadamente 38,5% maior que o mínimo 0,65MPa, estabelecido pelo DNIT. Observa-se que a partir deste ponto máximo a adição do CAP ocasiona a diminuição da tensão de compressão.

A Figura 5 ilustra a variação da tensão média de compressão versus teor de resíduo

oleoso na mistura, mantendo-se o teor de CAP fixo igual a 5,3%.

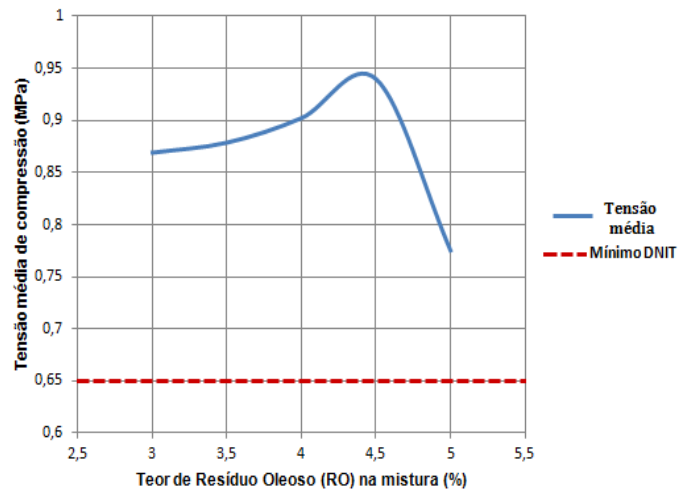


Figura 5: Teor de Resíduo Oleoso (RO) na mistura (%) versus tensão média de compressão (MPa).

Obseva-se que a máxima tensão média de compressão de 0,939 MPa foi obtida para a mistura com adição do teor de 4,5% de RO. A partir deste teor ocorreu uma diminuição significativa nos valores da tensão média de compressão. Porém para todos os percentuais analisados os valores obtidos foram superiores ao limite mínimo de 0,65MPa estabelecido pelo DNIT.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados ao final da pesquisa, pode-se concluir que

analisando a resistência a tração por compressão diametral, todos os valores encontrados foram superiores ao mínimo estabelecido pelo DNIT para faixa C de 0,65 MPa.

Além disso, a mistura com teor aproximado de 4,5% de resíduo oleoso (RO) e 5,3% de CAP apresentou resistência de 44,5% superior ao mínimo estabelecido pelo DNIT, sendo o máximo notado de 0,939 MPa.

Apesar de apresentar resultados de acordo com as normas, é necessário um estudo mais aprofundado para garantir a possibilidade do uso do resíduo oleoso na pavimentação.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. 2005.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – Solo – Análise granulométrica. **NBR 7181**, 13p. Rio de Janeiro, 1984.

CAVALCANTE, E. H.; MOTTA, L. M. G.; UBALDO, M. O.; NASCIMENTO, L. A. H.; VEIGA, I. de L.; COSTA, J. H. *Construção de trecho monitorado com utilização do resíduo cascalho de perfuração*. XVI CILA – Congresso Ibero-Latinoamericano do Asfalto, Rio de Janeiro, 2011.

CNT – Confederação Nacional dos Transportes. **Pesquisa Rodoviária**, 2007.

DI GIULIO, G. *Vantagens ambientais e econômicas no uso de borracha em asfalto* – Inovação Uniemp v.3 n.3 – Campinas, 2007.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - Agregados – Determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo. **DNER-ME 081**, 6p. Rio de Janeiro, 1998.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Agregado Miúdo – Determinação da densidade real. **DNER-ME 084**, 3p. Rio de Janeiro, 1995.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Mistura betuminosa a quente – Ensaio Marshall. **DNER-ME 043**, 11p. Rio de Janeiro, 1995.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – Pavimentos Flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço. **DNIT 031**, 14p. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – Pavimentação asfáltica – Misturas Asfálticas – Determinação da resistência à tração por





**II CONEPETRO**

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE  
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

compressão diametral – Método do ensaio.  
**DNIT-ME 136**, 6p. Rio de Janeiro, 2010.

MARIANO, J. B. *Impactos ambientais do refino de petróleo*. 2001, 289p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro-RJ.

NEVES FILHO, C. L. D. *Avaliação laboratorial de misturas asfálticas SMA*

*produzidas com ligante asfalto-borracha*.  
2004. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos-SP.



**[www.conepetro.com](http://www.conepetro.com.br)**  
**.br**

(83) 3322.3222  
[contato@conepetro.com.br](mailto:contato@conepetro.com.br)