

## **AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE MISTURAS ASFÁLTICAS COM ADIÇÃO DE RESÍDUO OLEOSO DE PETRÓLEO**

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

<sup>1</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia de Civil – [ana.duartemendoca@gmail.com](mailto:ana.duartemendoca@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil – [camilanunes.engcivil@hotmail.com](mailto:camilanunes.engcivil@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil – [walter\\_rubens1@hotmail.com](mailto:walter_rubens1@hotmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia de Civil – [leticia\\_azevedo@hotmail.com](mailto:leticia_azevedo@hotmail.com)

### **RESUMO**

Devido a grande atividade que possui e devido a carência de meios eficazes para o aproveitamento dos resíduos que gera, a indústria petrolífera provoca impactos em larga escala ao meio ambiente. Em todas as etapas do processo de comercialização são geradas grandes quantidades de resíduos, desde a sua prospecção, até o início do processo de refinamento e transporte. Comumente desprezado devido ao seu baixo valor comercial, pouco se preocupava com a destinação final dos resíduos oleosos de petróleo. Porém nos últimos anos, devido a maiores pressões em relação à conscientização ambiental, estudos foram sendo feitos para que os resíduos oleosos pudessem ser utilizados como materiais alternativos, diminuindo-se assim os impactos causados ao meio ambiente. Verificou-se que um dos possíveis destinos possíveis para o resíduo poderia ser a sua aplicação em misturas asfálticas para revestimentos. Este trabalho tem como objetivo avaliação do comportamento mecânico de misturas asfálticas com adição de resíduo oleoso de petróleo. Realizou-se o Ensaio Marshall para determinar o comportamento mecânico das misturas em estudo. O ensaio de estabilidade Marshall apresentou resultados satisfatórios, no que diz respeito aos limites estabelecidos pelos órgãos normativos, tendo sido determinado para o teor ótimo de CAP o valor 5,3%, um pouco elevado, porém aceitável em virtude de ter sido obtido a partir de um resíduo.

**Palavras Chave:** Resíduo oleoso, Meio Ambiente, Comportamento Mecânico.

### **1. INTRODUÇÃO**

O petróleo é um combustível fóssil de grande significado para a economia mundial. Da década de trinta, até os dias atuais, a indústria do petróleo vem crescendo progressivamente. Foram descobertos novos campos petrolíferos, aperfeiçoadas as explorações submarinas, construídos

superpetroleiros transoceânicos, inaugurados terminais de carga e descarga de petróleo e derivados de refinarias e oleodutos interestaduais e internacionais. Consequentemente, foram sendo liberados cada vez mais petróleo, seus derivados e resíduos oleosos ao meio ambiente [CETESB, 2004 *apud* Pires, 2004].

Segundo Alves [2003], um dos impactos causados pela atividade de exploração e produção de petróleo é a geração de resíduos sólidos oleosos que necessitam de tratamento e destinação final adequado para não colocar em risco a saúde da população local e a sanidade do meio ambiente.

Segundo BRAGA *et al* [2007], na indústria de extração de petróleo e gás são realizadas diversas etapas desde a prospecção nos campos até o início do processo de refino, sendo que cada uma delas gera efluentes e resíduos sólidos a serem tratados e descartados. Os principais resíduos gerados são a água produzida, que inevitavelmente acompanha o óleo cru, os resíduos de perfuração (cascalhos e fluidos), e uma série de outros resíduos comumente denominados resíduos associados.

A grande variedade de resíduos sólidos e semissólidos, gerados nestas etapas, aliada à presença de substâncias potencialmente tóxicas, tem exigido dos profissionais envolvidos no gerenciamento desses resíduos, exaustivos esforços no sentido de buscar soluções apropriadas, sem prejuízo à saúde pública e ao meio ambiente. Rohden [2005] diz que muito tem sido feito para reduzir a poluição resultante da queima de combustíveis fósseis, mas ainda não é o bastante.

Nesse panorama, este estudo apresenta uma proposta de uso alternativo para os resíduos oleosos de petróleo, sendo estes adicionados às misturas asfálticas, onde passam a atuar como fíler. Procurou-se também com este trabalho, avaliar o comportamento mecânico dessas misturas asfálticas modificadas pelo resíduo oleoso de petróleo através de ensaios feitos em laboratório.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Os materiais utilizados na mistura asfáltica da pesquisa foram cimento asfáltico de petróleo (CAP), brita # 19,0mm, brita # 9,5mm, pó de pedra e resíduo oleoso de petróleo.

- **Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP);** CAP 50/70 fornecido pela PETROBRÁS (comumente utilizado na região Nordeste do Brasil).

- **Brita 19,0mm;** brita granítica graduada, com diâmetro máximo de 19,0mm, oriunda de jazida localizada na região de Campina Grande, Paraíba.

- **Brita 9,5mm;** também chamada de “cascalinho”, possui diâmetro máximo de 9,5 mm e mesma origem da brita #19,0mm.

- **Pó de Pedra;** Pó resultante das sobras da britagem de pedras maiores, de

granulometria pequena, com diâmetro máximo de 4,8mm. Na mistura participa como agregado miúdo e provém da mesma jazida das britas.

**- Resíduo Oleoso de E&P de petróleo-RO;** Cascalho de perfuração oriundo das atividades de Exploração & Produção de petróleo no município de São Sebastião do Passé, unidade de Taquipe da Petrobrás no estado da Bahia. O resíduo passa por um processo de retirada das partes tóxicas e trituração até adquirir consistência pulverulenta com diâmetros máximos inferiores a 0,075mm atuando como filer na mistura.

## 2.2 Métodos

Os materiais foram estudados em conjunto, determinando-se as propriedades mecânicas da mistura CAP + Brita “19” + Brita “9,5” + pó de pedra + resíduo oleoso. Incorporou-se a esta o resíduo oleoso, atuando como filer. As propriedades desta mistura foram determinadas através dos ensaios Marshall e Lottman.

### 2.2.1. Ensaio Marshall

A aplicação de revestimentos asfálticos deve ser precedida por ensaios que permitam a obtenção do teor de ligante a ser utilizado na mistura, para que a mesma se enquadre dentro de especificações destinadas

a evitar desagregação prematura da mistura, por falta de ligante, ou superfícies escorregadias e deformáveis, pelo seu excesso.

Conhecidas as massas específicas reais do CAP, dos agregados e do resíduo oleoso, selecionou-se a faixa granulométrica a ser utilizada na dosagem da mistura, utilizando-se a norma DNIT – ME 043/95. Posteriormente, escolheu-se a composição dos agregados, de forma a enquadrar a sua mistura nos limites da faixa granulométrica escolhida.

Deve-se ressaltar que neste momento não se considera ainda o teor de asfalto, portanto, a soma das porcentagens de massa dos agregados deve ser igual a 100%. A porcentagem ótima na faixa de projeto corresponde à composição de agregados escolhida, podendo em campo variar entre um mínimo e um máximo em cada peneira de acordo com as especificações. O ensaio foi realizado inicialmente para a determinação do teor ótimo de CAP para a mistura, como citado acima, e após ser encontrado esse teor o ensaio foi refeito, dessa vez variando o teor de resíduo.

As Figuras 1 e 2 ilustram o corpo-de-prova sendo submetido à medição e à ruptura, sequencialmente.



Figura 1: Corpo-de-prova submetido à medição.



Figura 2: Corpo de prova submetido à ruptura na Prensa Marshal.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Caracterização Mecânica

Realizou-se inicialmente o Ensaio Marshall para a determinação do teor ótimo de CAP para a mistura de agregados. Com os resultados obtidos no ensaio de granulometria, foi feita a dosagem da mistura, de modo a estabelecer a porcentagem de cada

material na composição da mesma, sempre obedecendo aos limites da faixa C granulométrica do DNIT, apresentados na última coluna da Tabela 1.

Tabela 1: Ajustagem granulométrica para dosagem da mistura

AJUSTAGEM DE GRANULOMETRIA										
PENEIRAS	PORCENTAGEM PASSANDO									
	BRITA 19,0		BRITA 9,5		PÓ DE PEDRA		FILLER - RO		ESPECIFICAÇÃO	
	PASSANTE (%)	24%	PASSANTE (%)	27%	PASSANTE (%)	46,0%	PASSANTE (%)	3%	COMBIN. RESULT.	LIMITES
1 1/2"	100,00	24,00	100,00	27,0	100,00	46,00	100,0	3,0	100,0	-
1"	100,00	24,00	100,00	27,0	100,00	46,00	100,0	3,0	100,0	-
3/4"	95,86	23,01	100,00	27,0	100,00	46,00	100,0	3,0	99,01	100
1/2"	56,32	13,52	99,89	26,97	100,00	46,00	100,0	3,0	89,49	82,5 - 85-100
3/8"	24,51	5,88	98,90	26,70	100,00	46,00	100,0	3,0	81,59	87,5 - 75-100
Nº 4	1,71	0,41	21,44	5,79	98,84	45,47	100,0	3,0	54,67	67,5 - 50-85
Nº 10	1,53	0,37	5,74	1,55	84,13	38,70	100,0	3,0	43,62	52,5 - 30-75
Nº 40	1,43	0,34	3,39	0,92	42,35	19,48	100,0	3,0	23,74	27,5 - 15-40
Nº 80	1,35	0,32	2,04	0,55	21,41	9,85	100,0	3,0	13,72	19,0 - 08--30
Nº 200	1,23	0,30	1,10	0,30	9,66	4,44	100,0	3,0	8,04	7,5 - 5--10

Após a correção feita para o acréscimo do CAP à mistura, a dosagem para cada teor sofre uma leve alteração, a Tabela 2 mostra as dosagens corrigidas para cada teor de CAP.

Tabela 2: Dosagem dos corpos de prova após correção devido ao acréscimo do CAP.

Dosagem dos corpos de prova (%)					
<b>TEOR</b>	3,5%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%
<b>CAP</b>	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
<b>Brita #19,0mm</b>	23,16	23,04	22,92	22,80	22,68
<b>Brita #9,5mm</b>	26,06	25,92	25,79	25,65	25,51
<b>Pó de Pedra</b>	44,38	44,16	43,93	43,70	43,47
<b>Filer-RO</b>	2,90	2,88	2,86	2,85	2,84

Após o ensaio realizado, obtiveram-se os parâmetros volumétricos e mecânicos, Volume de Vazios (Vv) e a Relação Betume-

Vazios (RBV), que são fatores determinantes do teor ótimo para a mistura e a Estabilidade Marshall. Os gráficos das figuras 5 e 6 mostram, respectivamente, a diminuição do Vv da mistura de acordo com o aumento do teor de CAP e o crescimento da Relação Betume-Vazios, pois os vazios que estão “desaparecendo” são preenchidos exatamente com o betume que a cada teor vai aumentando na mistura.

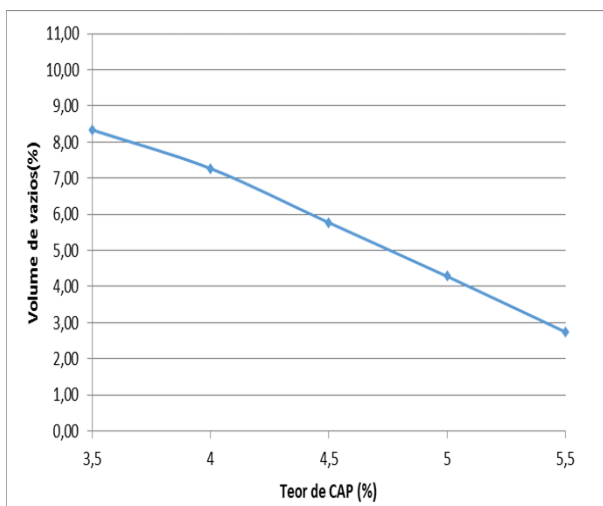


Figura 5: Gráfico Vv x Teor de CAP.

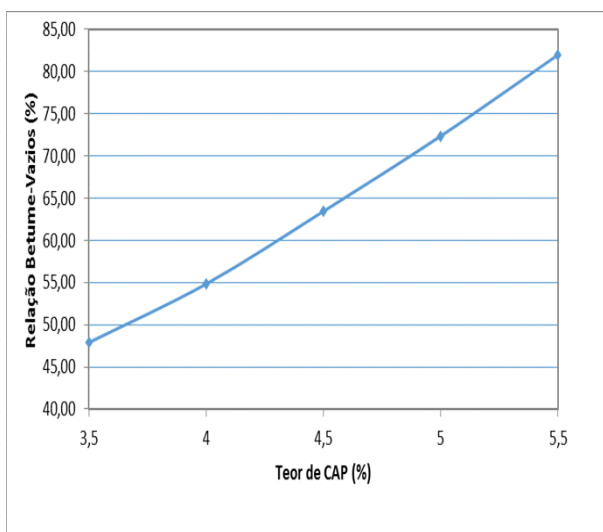


Figura 6: Gráfico RBV x Teor de CAP

A partir da interseção das linhas de tendência desses gráficos, determina-se o teor ótimo para a mistura. Esse teor deve se enquadrar nos valores limite para o Vv e RBV determinados para a faixa C do DNIT. Esses valores são de 3% a 5% para o Vv e 75% a 82% para o RBV. Determinou-se desta maneira o teor 5,3% de CAP para a mistura como sendo o mais adequado.

Posteriormente, realizou-se novamente o ensaio Marshall, agora mantendo-se constante o teor de CAP e variando o teor de resíduo na mistura. Todo o procedimento do ensaio foi repetido agora para misturas com teores de resíduo variando entre 3% e 5%. As figuras 7, 8 e 9 apresentam os resultados obtidos.

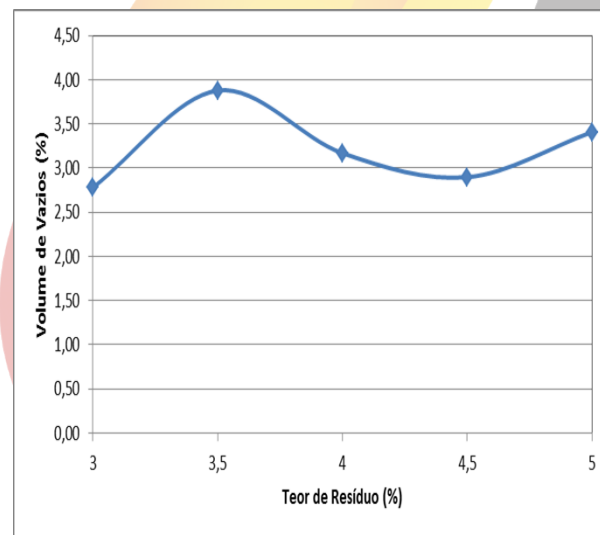


Figura 7: Gráfico Vv x Teor de resíduo.

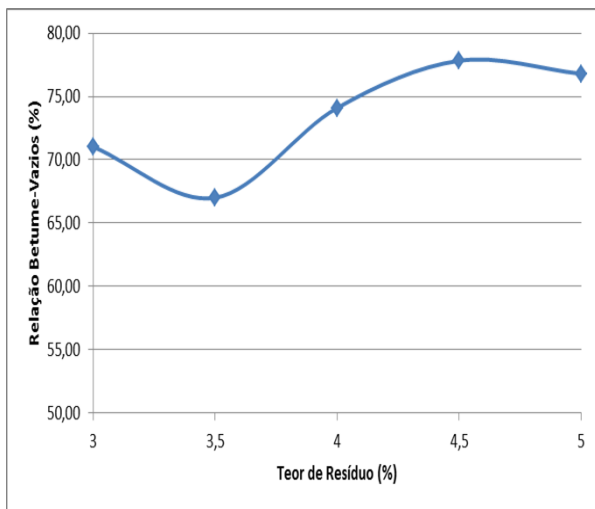


Figura 8: Gráfico RBV x Teor de resíduo.

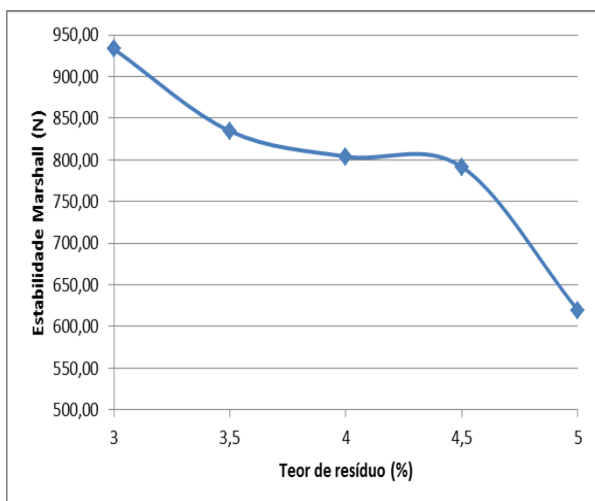


Figura 9: Gráfica Estabilidade Marshall x Teor de resíduo

A análise destes gráficos mostra uma variação irregular da mistura quanto aos valores de Vv e RBV, que pode ter sido causada por erros durante o ensaio, porém sempre muito próximos ou dentro dos limites estabelecidos pelo DNIT. Quanto a estabilidade pode-se dizer que a mesma é satisfatória, pois o limite mínimo estabelecido pelo DNIT é de 500 N. Porém, decresce

proporcionalmente com aumento do teor de resíduo na mistura. A perda de estabilidade pode ser justificada pelo aumento da quantidade de finos da mistura.

#### 4. CONCLUSÕES

O resíduo comportou-se de maneira satisfatória nos ensaios, não comprometendo o desempenho da mistura. O ensaio de estabilidade Marshall apresentou resultados satisfatórios, no que diz respeito aos limites estabelecidos pelos órgãos normativos, tendo sido determinado para o teor ótimo de CAP o valor 5,3%, um pouco elevado, porém aceitável em virtude de ter sido obtido a partir de um resíduo.

Dos ensaios realizados observando-se a variação do teor de resíduo na mistura, conclui-se que a mistura com o teor de 4% de resíduo é a que melhor se comporta em relação aos limites de estabilidade Marshall, RRT, Vv e RBV. Pode-se considerar para esses materiais a mistura com 5,3% de CAP e 4% de resíduo foi a que apresentou melhores resultados.

Pelos resultados apresentados neste trabalho esperara-se que a utilização dos resíduos oleosos de petróleo em misturas asfálticas seja viável. Porém como, nos ensaios realizados só foram analisados à resistência à compressão e à tração com ação

deletéria da umidade induzida, estudos complementares devem ser feitos para que se possa garantir de fato essa viabilidade.

## 5. REFERÊNCIAS

ALVES, M. R. F. , *Reciclagem de borra oleosa: uma contribuição para a gestão sustentável dos resíduos da indústria de petróleo em Sergipe*. 2003. 191f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Núcleo de estudos do Semiárido da Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe São Cristóvão.

BRAGA, F.S. et al ; *Caracterização Ambiental dos Resíduos Oleosos Provenientes das Atividades de Exploração & Produção de Óleo e Gás no Norte do Estado do Espírito Santo*. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/cxxviii.pdf>> Acesso em: 13 dez. 2007.

PIRES, P.J.M.; *Desenvolvimento de um sistema de dessorção térmica in situ para remediação de materiais contaminados com hidrocarbonetos de petróleo*. 2004, 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil,

Pontífica Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ROHDEN, H. B. *Combustíveis fósseis e a atmosfera*. 2005. Disponível em: <<http://preserveomundo.conhecimentosgerais.com.br/preserve-a-atmosfera/combustiveis-fosseis-e-a-atmosfera.html>>. Acesso: 9 ago. 2005.

