



IBP1201_06 APROVEITAMENTO DO CASCALHO DE PERFURAÇÃO EM PAVIMENTOS

Adriano Elísio de F.L. Lucena¹, John Kennedy G. Rodrigues², Heber Carlos Ferreira³, Lêda Christiane de F. L. Lucena⁴, Luciana de Figueirêdo L. Lucena⁵, Lucyene Cândido Guimarães⁶.

Copyright 2006, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*, realizada no período de 11 a 14 de setembro de 2006, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pelo Comitê Técnico do evento, seguindo as informações contidas na sinopse submetida pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho Técnico, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, seus Associados e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*.

Resumo

Em todo o mundo, as atividades de Exploração e Produção (E & P) de petróleo, geram uma quantidade significativa de resíduo oleoso (RO), que por apresentarem em sua composição teor de óleo, metais, sais, fenóis dentre outros, requerem cuidados específicos. Entre os diversos tipos de resíduos oleosos gerados encontra-se o “cascalho de perfuração”, resíduo proveniente da perfuração de poços de petróleo e produzido em grande quantidade. Entretanto, essa quantidade pode ser minimizada com a sua utilização em revestimentos asfálticos de estradas. A adoção dessa técnica minimizaria o efeito da migração de alguns componentes tóxicos de sua constituição para o lençol freático e/ou para os solos que circunvizinham as estradas, tornando-se assim, uma prática ambientalmente mais adequada que a técnica de “roadspreading”. Com esse objetivo, foram realizados ensaios de viscosidade Saybolt-Furol e Ensaio Marshall para caracterização e utilização do resíduo oleoso proveniente da perfuração de poços de petróleo (poço: 4-SES-149A, Sergipe). Os resultados obtidos indicaram que a utilização do “cascalho de perfuração” em revestimentos asfálticos como filler foi satisfatória, uma vez que todos os resultados dos parâmetros observados encontraram-se dentro das recomendações impostas pelas normas do DNIT (Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes).

Abstract

In all world, the activities of petroleum's exploration and production, they generate a significant amount of oily residue, that for they present in their composition oil tenor, metals, salts, phenols among other, request specific cares. Among the several types of generated oily residues it is the “perforation gravel”, originating from the perforation's residue of oil wells and produced in great amount. However, that amount can be minimized with his use in asphalt mixtures. This technique's adoption would minimize the dispersion's effect of some poisonous components of his constitution to the water and soil, that are located near to the highways, becoming like this, a practice more appropriate ambiently than the "roadspreading" technique. Taken this issue into account, tests were accomplished for characterization and use of the oily residue originating from drilling oil wells (well: 4-SES-149A, located in Sergipe, Brazil). The tests used were the following ones: Saybolt-Furol Viscosity and Marshall Method. The results of the present study indicated that the use of the “perforation gravel” in pavements as filler was satisfactory, once all the results of the observed parameters were inside of the recommendations imposed by DNIT's norms. Absctrac must be written in English

¹ Mestre, Doutorando em Engenharia de Processos - UFCG

² Doutor, Professor da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil – UFCG

³ Doutor, Professor da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais – UFCG

⁴ Graduanda, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil – UFCG

⁵ Doutora, Pesquisadora da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais – UFCG

⁶ Graduanda, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil – UFCG

1. Introdução

O desenvolvimento traz consigo a problemática da geração de resíduos, pois na busca de uma melhor “qualidade de vida”, foram adotadas tecnologias e matérias-primas, sem a preocupação com a deposição destes, que necessitariam de um destino ambientalmente correto, sejam eles classificados como tóxicos ou não.

O estudo de novas tecnologias para o desenvolvimento do reaproveitamento dos resíduos, com origem nos processos industriais, poderá propiciar a composição de novos produtos com conseqüente diminuição da geração de resíduos e maximização da cadeia produtiva da indústria.

Durante suas operações de E & P, a indústria petrolífera produz efluentes líquidos, gasosos e resíduos sólidos que podem ser nocivos ao meio ambiente. Através da adesão a leis e regulamentos, elaborados por meio de consultas a todos os envolvidos, e tendo por objetivo os padrões internacionais, os efeitos nocivos podem ser reduzidos a níveis aceitáveis. Poluentes em potencial podem deixar de ser uma preocupação quando convenientemente tratados e adequadamente dispostos ou reciclados.

Entre os diversos tipos de resíduos gerados pela indústria do petróleo encontra-se o “cascalho de perfuração”, resíduo proveniente da perfuração de poços de petróleo e produzido em grande quantidade. Entretanto, essa quantidade pode ser minimizada com o aproveitamento do “cascalho de perfuração” em revestimentos asfálticos de estradas. A adoção dessa técnica minimizaria o efeito da migração de alguns componentes tóxicos de sua constituição para o lençol freático e/ou para os solos que circunvizinham as estradas, tornando-se assim, uma prática ambientalmente mais adequada que a técnica de “roadspreading”.

Este trabalho compara os resultados obtidos através dos ensaios de viscosidade Saybolt-Furol e Ensaio Marshall utilizando fillers normalmente empregados na pavimentação (cal, cimento Portland e pó calcário), com os resultados obtidos utilizando o cascalho de perfuração como filler.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Perfuração de Poços de Petróleo

O petróleo encontra-se na natureza ocupando os vazios de uma rocha porosa chamada rocha reservatório. O poço de petróleo é o elo entre esta rocha e a superfície. Porém, antes de se perfurar um poço de petróleo, várias ações devem ser executadas. Inicialmente, um estudo sísmico é efetuado, visando pesquisar entre as formações do subsolo aquelas com potencial para armazenar petróleo. Como visto acima, são as rochas reservatório. Além disso, esta rocha deve estar envolta em uma formação impermeável que garanta o confinamento do petróleo na rocha reservatório (Souza e Lima, 2002).

Feita esta análise e definidos os prováveis pontos a serem explorados, deve ser feita uma análise de campo, nos locais definidos, a fim de se verificar a viabilidade da perfuração, em função de possíveis acidentes naturais (rios, montanhas, matas de preservação ambiental) ou não naturais (construções como pontes, edifícios, etc.). Só então, inicia-se a elaboração do projeto do poço, projeto este que poderá ser definido para um poço vertical, quando o objetivo está exatamente na linha vertical do ponto escolhido na superfície, ou direcional, quando o ponto na superfície deve ser deslocado do ponto ideal em função de algum acidente natural ou não natural.

Cumpridas as etapas acima, estará definido o local exato da perfuração, além de qual equipamento (sonda de perfuração) deverá ser utilizado, em função da profundidade do poço para alcançar a rocha reservatório.

A perfuração de um poço de petróleo é realizada através de uma sonda. Na perfuração rotativa, as rochas são perfuradas pela ação da rotação e peso aplicados a uma broca existente na extremidade de uma coluna de perfuração, a qual consiste basicamente de comandos (tubos de paredes espessas) e tubos de perfuração (tubos de paredes finas).

Os fragmentos da rocha são removidos continuamente através de um fluido de perfuração ou lama. O fluido é injetado por bombas para o interior da coluna de perfuração através da cabeça de injeção, ou swivel, e retorna à superfície através do espaço anular formado pelas paredes do poço e a coluna.

Ao atingir determinada profundidade, a coluna de perfuração é retirada do poço e uma coluna de revestimento de aço, de diâmetro inferior ao da broca, é descida no poço. O espaço anular entre os tubos de revestimento e as paredes do poço é cimentado com a finalidade de isolar as rochas atravessadas, permitindo então o avanço da perfuração com segurança. Após a operação de cimentação, a nova coluna de perfuração é novamente descida no poço, tendo na sua extremidade, uma nova broca de diâmetro menor do que a do revestimento para o prosseguimento da perfuração (Thomas, 2001).

2.2. Produtos da Perfuração de Poços de Petróleo

2.2.1 Cascalhos de Perfuração

Os fragmentos das rochas cortados pela broca (cascalhos) são carregados pelo fluido de perfuração até as peneiras vibratórias na superfície, onde são separados do fluido e descartados em um dique. Por não haver uma remoção total do fluido impregnado nos cascalhos, estes podem conter contaminantes, tais como:

- a) metais pesados;
- b) alta salinidade, uma vez que os fluidos, em sua maioria têm sais em sua composição, cujo objetivo é o de minimizar o inchamento das formações argilosas perfuradas, promovendo a estabilidade do poço;
- c) óleos e graxas;
- d) elementos que causam Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO);
- e) elementos que causam Demanda Química de Oxigênio (DQO);
- f) elementos que causam alcalinidade.

2.2.2 Metais Pesados

O principal risco para o meio ambiente associado a metais pesados está em suas formas solúveis em água ou trocáveis (Souza e Lima, 2002). Essas formas, entretanto, estão presentes em quantidade mínimas nos rejeitos sólidos da perfuração (Lemos, 1997).

2.2.3 Sais Solúveis

Sais solúveis, como cloreto de sódio e cloreto de potássio, fazem parte da composição básica dos fluidos de perfuração de poços de petróleo. E a disposição desses sais no solo, dissolvidos nos resíduos da perfuração, pode trazer consequências graves ao meio ambiente.

2.2.4 Hidrocarbonetos

Hidrocarbonetos, quando derramados na superfície, penetram a diferentes profundidades, dependendo do tipo de solo. Devido à baixa permeabilidade dos solos argilosos, os hidrocarbonetos não penetram tão profundamente nestes solos, como o fazem em solos arenosos.

2.3. “Roadspreading” - Tecnologia de Tratamento Aplicável aos Resíduos Oleosos

A tecnologia de “roadspreading” consiste basicamente no espalhamento de resíduo oleoso das atividades de E & P em leito de estradas, misturado ao material argiloso. Na região norte do Estado do Espírito Santo, vem sendo utilizada uma técnica de aplicação de resíduo oleoso proveniente das atividades de E & P de petróleo, misturado à argila, em estradas de terra semelhante à tecnologia de “roadspreading”. O procedimento de misturar o resíduo oleoso à argila, vem sendo aplicado nos últimos cinco anos, em áreas próximas às atividades da Petrobras. As estradas que recebem o resíduo oleoso como pavimento são aquelas onde ocorre o tráfego de carretas com escoamento de óleo produzido na região (Fonseca, 2003).

Entretanto, segundo Fonseca (2003) alguns problemas vem sendo detectados na técnica utilizada pela Petrobras de aplicar resíduo oleoso em leito de estradas de terra, entre eles:

- ausência de segregação dos resíduos e sua caracterização específica;
- ausência de monitoramento da região, principalmente de material do leito das estradas pavimentadas com o RO e seu entorno, incluindo águas subterrâneas e superficiais.

3. Matérias e Metodologia

3.1. Materiais

Os materiais que utilizaremos na pesquisa constituem-se de: agregados graúdos e miúdos, fillers (cal, cimento Portland, pó calcário e resíduo oleoso), e o cimento asfáltico de petróleo (CAP).

Os agregados graúdos utilizados foram do tipo granítico, designados como convencionais. Quanto aos agregados miúdos, optou-se por uma areia de rio, por ser de uso comum em obras de engenharia da região.

O resíduo oleoso (RO) foi fornecido pela Petrobrás, proveniente da perfuração de poço de petróleo no Estado de Sergipe (poço: 4-SES-149A), e possui uma massa específica aparente de 2,603 g/cm³.

O CAP usado na pesquisa foi do tipo 50/70 cujas especificações estão de acordo com o DNP (Departamento Nacional de Petróleo) e a ANP (Agência Nacional de Petróleo), os quais definem parâmetros de aceitação e classificação.

Inicialmente serão pesados, separadamente, os agregados graúdos e miúdos nas frações recomendadas de acordo com as especificações do DNIT, adotada para cada ensaio. Em seguida as frações de agregado graúdo e miúdo pesadas serão colocadas em sacos de plásticos para início da realização dos ensaios.

Os fillers serão totalmente destorroados com o uso do almofariz, depois este material será passado totalmente na peneira ABNT n°200 (abertura de 0,075 mm), para posterior pesagem. Os agregados graúdos e miúdos usados para a

realização dos ensaios, serão colocados em estufa calibrada à 110°C, por um período de 24 horas. Onde posteriormente será feita uma homogeneização do material através de quarteamento.

3.2. Metodologia

Para a realização do ensaio Marshall (DNIT-ME 043/95), o experimento foi dividido em duas etapas, a saber:

3.2.1 Fase 1 – Dosagem Marshall

Nesta etapa iniciou-se uma bateria de ensaios que forneceram subsídios para análise do comportamento do material alvo da pesquisa, para tanto, foram confeccionados 12 corpos de prova (Figura 1), rompidos na prensa Marshall (Figura 2), sendo 3 para cada teor de CAP utilizado e tendo como filler o pó calcário. Esta etapa tem como objetivo fundamental, indicar qual o teor de CAP ideal para o prosseguimento dos experimentos. Trabalhou-se com 24% da Brita de 19 mm, 34% da Brita de 12 mm, 39% de areia e 3% de filler.

3.2.2 Fase 2 – Variabilidade do Teor de Filler e seus Efeitos

Com o objetivo de verificar o comportamento da mistura asfáltica com a variabilidade do teor de filler, foram confeccionados 36 corpos de prova, sendo 12 para tipo de filler analisado (cimento Portland, pó calcário e RO), variando-se o teor de filler em 2, 3, 4, e 5%.

Já os ensaios de viscosidade Saybolt-Furol (ABNT – IBP/P-MB-517)[16] foram realizados com o resíduo oleoso no estado natural e obedeceram as seguintes etapas: Primeira Etapa – Realização da viscosidade da mistura de CAP + cal, variando o teor da cal em 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 15%, 20% e 30% e tirando-se a média dos 2 bulbos do viscosímetro em segundos; Segunda Etapa – Realização da viscosidade da mistura de CAP + cimento Portland, variando o teor de cimento em 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 15%, 20%, 30% e 40% e tirando-se a média dos 2 bulbos do viscosímetro em segundos; Terceira Etapa – Realização da viscosidade da mistura de CAP + resíduo, variando o teor do resíduo em 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 15%, 20% e 30% e tirando a média dos 2 bulbos do viscosímetro em segundos.



Figura 1. Corpos de prova.



Figura 2. Prensa Marshall.

4. Análise dos Resultados

Nas Tabelas 1 e 2 estão inseridos dados característicos para classificação dos materiais utilizados na pesquisa segundo procedimentos normalizados.

Tabela 1 – Massa específica dos materiais utilizados na pesquisa.

Materiais	Brita 19	Brita 12	Areia	Cal	Cimento	Pó Calcário	RO
Massa Específica (g/cm ³)	2,656	2,651	2,631	2,450	3,080	2,830	2,603

Tabela 2 – Ensaios de caracterização do ligante.

ENSAIOS	MÉTODO	VALOR
Penetração (100g, 5s à 25 ^o C)	DNIT-ME 003/94	58
Ponto de Fulgor (^o C, min)	DNIT-ME 148/94	295
Densidade	DNIT ME 154/94	1,020 g/cm ³
Viscosidade Saybolt Furol (135 ^o C, s)	DNIT-ME 004/94	320

A Figura 3 apresenta os resultados obtidos da Dosagem Marshall utilizando como filler o pó calcário. Pode-se notar que o teor de cimento asfáltico de 4 % é o que apresenta os melhores resultados de acordo com as especificações da norma DNIT-ES 313/97, para os seguintes parâmetros: fluência = 4,68 mm (especificação : 3 a 5), relação betume vazios = 75,88 % (especificação: 75 a 82), estabilidade = 645,31 kgf (especificação > 350), vazios = 3,03 % (especificação: 3 a 5) e peso específico aparente = 2,41 kg/m³. Portanto, o teor de cimento asfáltico de 4 % foi o escolhido para a realização dos ensaios Marshall da Fase 2.

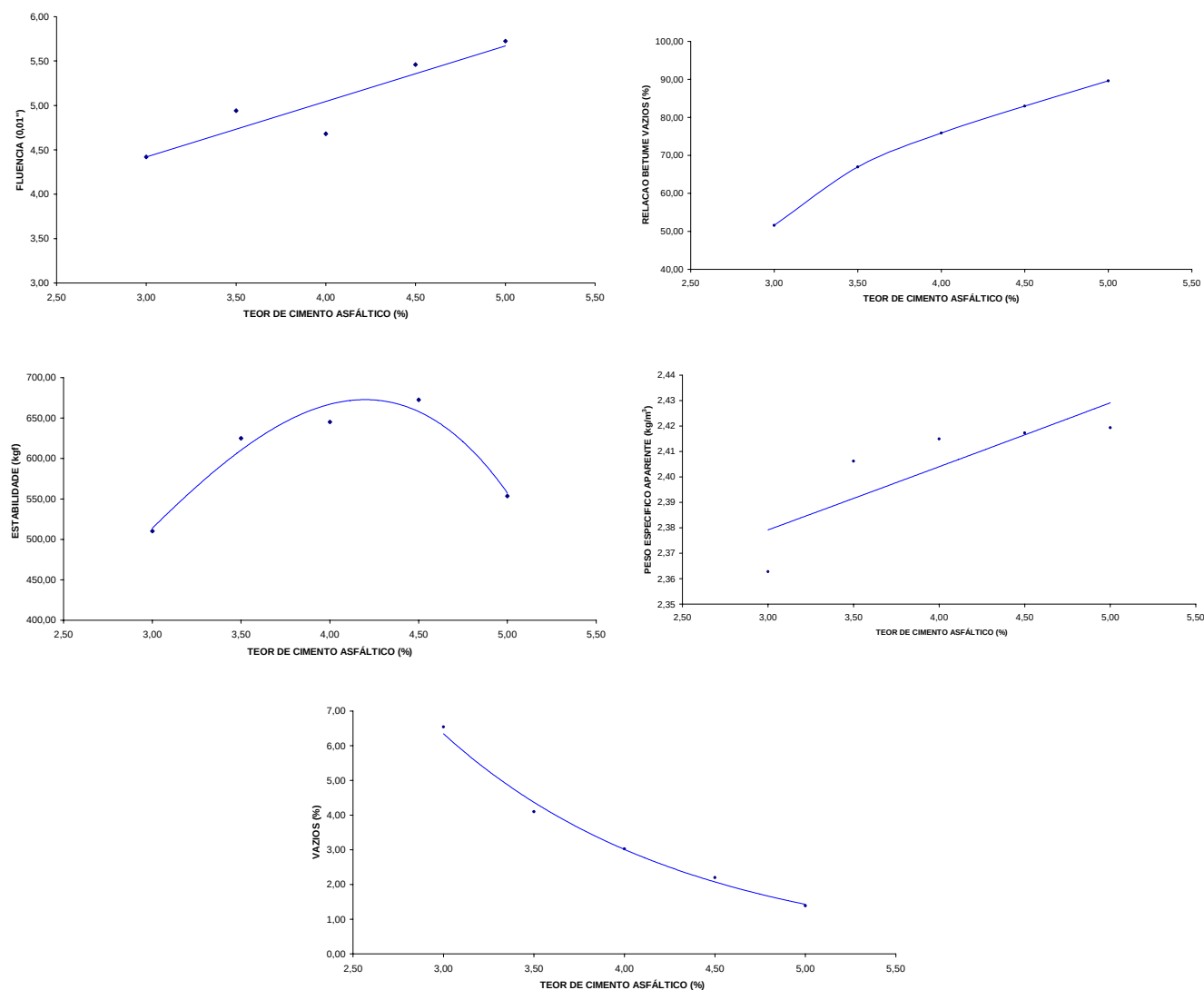


Figura 3. Resultados da Dosagem Marshall utilizando como filler o pó calcário.

Observa-se na Figura 4 os resultados dos ensaios Marshall correspondentes a Fase 2 do experimento. Pode-se notar para o parâmetro estabilidade, que a utilização do resíduo oleoso como filler apresenta um comportamento semelhante ao do pó calcário, tendo ambos, apresentado resultados bem superiores quando comparados a utilização do cimento Portland como filler. Para todos os teores analisados (2%, 3%, 4% e 5%), o filler resíduo oleoso ultrapassou a estabilidade mínima exigida. O teor de 4% de filler resíduo oleoso foi o que alcançou a maior estabilidade da pesquisa (674,86 kgf).

No parâmetro fluência também se observa uma semelhança no comportamento do pó calcário e do resíduo oleoso, e para todos os teores analisados de filler, o resíduo oleoso se enquadrou na faixa exigida. Na relação Betume-Vazios, o filler resíduo oleoso se enquadrou na faixa exigida com os teores de 2%, 3% e 4%, o filler pó calcário com os teores de 3%, 4% e 5%, e o filler cimento com os teores de 4% e 5%.

Nos parâmetros % de vazios e peso específico aparente o filler resíduo oleoso apresenta um comportamento semelhante aos fillers cimento e pó calcário para os teores de 2% e 3%, e diferenciado para os teores de 4% e 5%.

A Figura 5 apresenta os resultados do ensaio de viscosidade Saybolt-Furol para mistura CAP com os fillers cal, cimento e resíduo em função da variação em relação ao volume de CAP. Os valores de viscosidade Saybolt-Furol das misturas ensaiadas (CAP + fillers) apresentaram tendências crescentes segundo um modelo polinomial quadrático. Puzinauskas (1983) observou estes mesmos incrementos para viscosidade cinemática. Essas tendências indicam que o incremento de filler causa um aumento nas propriedades de rigidez do CAP.

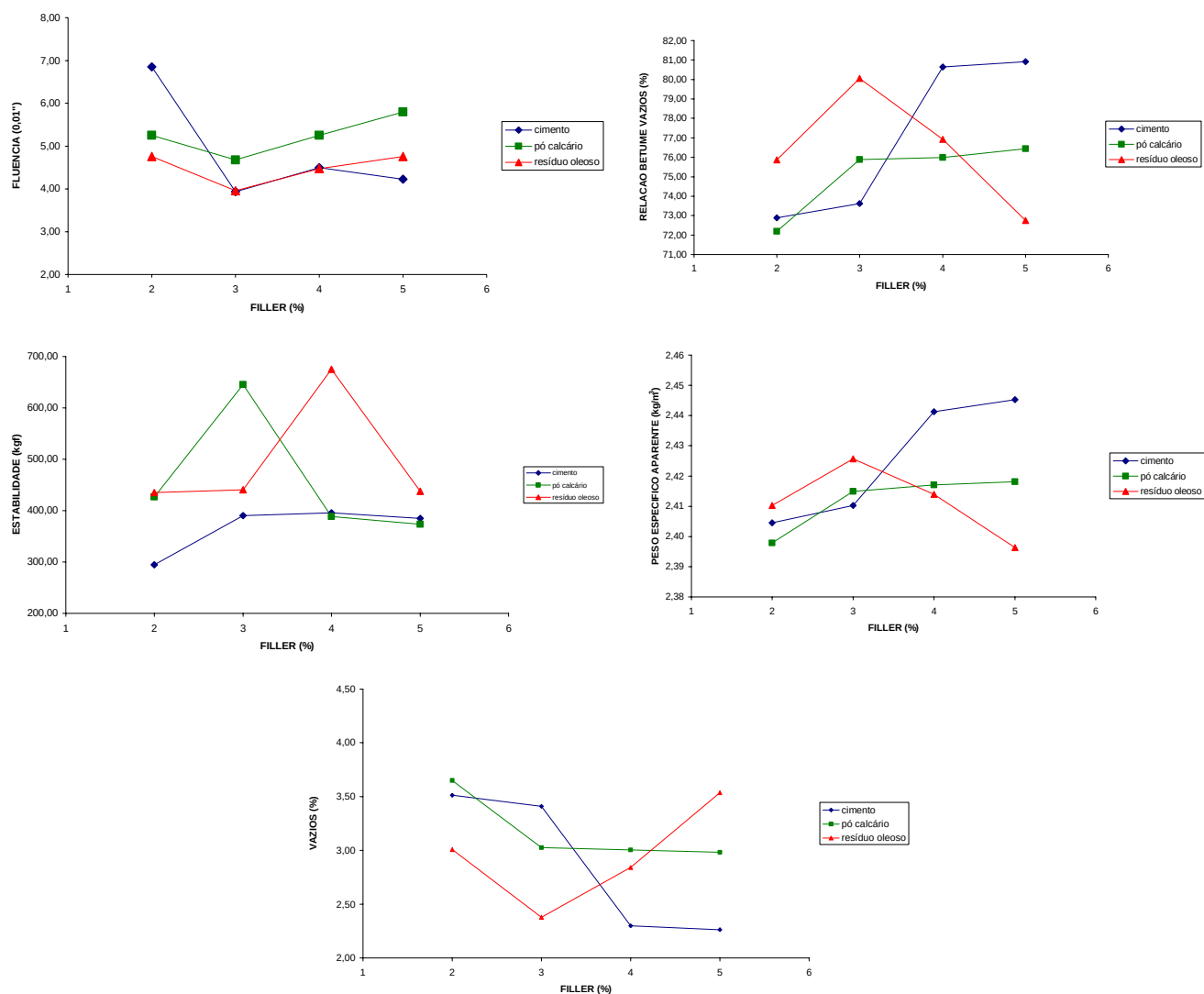


Figura 4. Resultados do ensaio Marshall em função da variabilidade do tipo e do teor de filler.

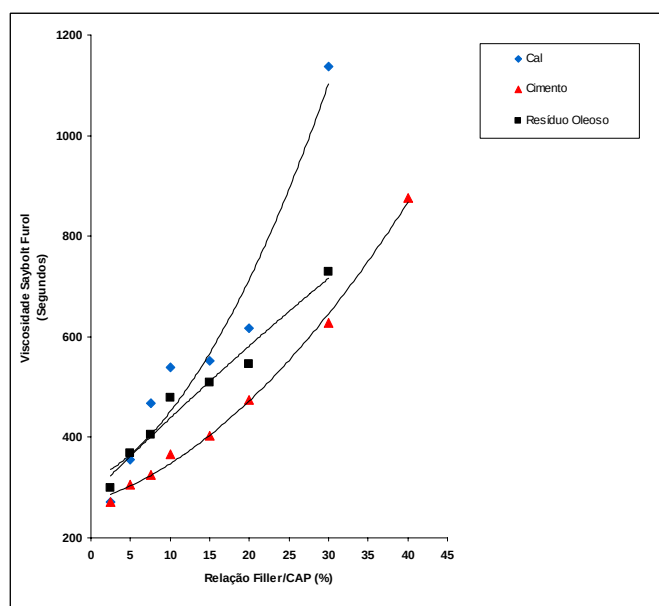


Figura 5. Valores de viscosidade Saybolt-Furol para o CAP50/70 com os fillers cal, cimento e resíduo oleoso.

5. Conclusões

As análises dos resultados obtidos com os ensaios realizados indicam que:

- a estabilidade Marshall mínima, preconizada pelo DNIT, foi alcançada para os três fillers analisados, sendo que, a mistura que tem como filler o resíduo oleoso apresentou um valor maior de estabilidade quando comparado com as outras misturas;
- os resultados encontrados indicam que para o traço utilizado nessa pesquisa, o teor de 2% de filler de resíduo oleoso foi aquele que se enquadrou melhor em todos os parâmetros exigidos pelo DNIT.
- o ensaio de viscosidade do resíduo aponta para um comportamento deste material como filler aceitável, já que os resultados obtidos se encontram em uma faixa localizada entre os valores obtidos com a cal e com o cimento Portland (dois tipos de fillers comumente utilizados).

6. Agradecimentos

À PETROBRÁS;

À ATECEL (Associação Técnico-Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior);

À ANP (Agência Nacional de Petróleo).

7. Referências

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT/IBP P-MB- 517 – Determinação da Viscosidade Saybolt-Furol de Materiais Betuminosos a Alta Temperatura, 1971.
- DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transporte, DNIT – ME 043/95 – Misturas betuminosas a quente – ensaio Marshall, 1995.
- DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transporte, DNIT – ES 313/97 – Pavimentação – Concreto Betuminoso, 1997.
- FONSECA, M. H. G. P., Estudo do resíduo oleoso das atividades de exploração e produção de petróleo na manutenção de estradas de terra – Enfoque Ambiental, *Dissertação de Mestrado. UFES*, 2003.
- LEMOES, F.A.C., Tratamento e destinação final de resíduos de fluidos de perfuração de poços de petróleo, *Monografia de Especialização em Gerenciamento Ambiental, Universidade Católica de Salvador*, 1997.
- PUZINAUSKAS, V. P., Filler in Asphalt Mixtures. USA, *Asphalt Institute*, 1983.
- SOUZA, P.J.B, LIMA, V.L., Avaliação das técnicas de disposição de rejeitos da perfuração terrestre de poços de petróleo, *Monografia de Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria, UFBA*, 2002.
- THOMAS, J.E., Fundamentos da Engenharia do Petróleo, 1ed., *Editora Interciência*, Rio de Janeiro, 2001.