

Utilização do Resíduo Proveniente da Serragem de Rochas Graníticas como Material de Enchimento em Concretos Asfálticos Usinados a Quente

Por Joselito Novaes de Souza, John Kennedy Guedes Rodrigues, Pedro Nogueira de Souza Neto

Introdução

Os países que dispõem de importantes recursos geológicos e onde a produção encontra-se em pleno desenvolvimento, entre eles o Brasil, enfrentam sérios problemas com os resíduos provenientes das indústrias de rochas ornamentais que contaminam diretamente os rios e o próprio solo, além da desfiguração da paisagem, o que vem preocupando as autoridades e a população (Figura 1).



Figura 1- Extração de blocos de rochas ornamentais

O sistema de desdobramento de blocos de granito para a produção de chapas, gera uma quantidade significativa de rejeitos na forma de lama, 20 a 25% dos blocos, geralmente constituída de água, de granalha, de cal e de rocha moída, que após o processo são lançadas no meio ambiente em forma de rejeito, ocupando espaços ao ar livre.

À medida que se processa a perda de umidade, o pó resultante se espalha, contaminando o ar e os recursos hídricos, sendo alguns casos canalizada diretamente para os rios. Tal procedimento tem trazido sérios problemas às indústrias de rochas ornamentais com prejuízos ao meio ambiente.

Aliado aos problemas ambientais causados pelo deposição do rejeito no meio ambiente, algumas características específicas deste rejeito vislumbram potencialidades a sua utilização como material de enchimento em concretos asfálticos. Citam-se como exemplo sua fina granulometria, composição pré-definida (granito moído, cal ou substituto e granalha de ferro ou aço) e a inexistência de grãos mistos entre os três componentes básicos.

O trabalho relata um estudo sobre a utilização do rejeito com origem da serragem do granito, nos concretos asfálticos, como filer, em substituição aos produtos convencionais

do tipo cimento Portland, cal, como formas de aproveitamento deste tipo de rejeito industrial e a redução do custo final dos concretos asfálticos.

Desenvolvimento do Trabalho

Resíduo com Origem na Serragem de Rochas Graníticas

Após extraídas, as rochas graníticas em forma de matacões, são transportadas para às serrarias para o desdobramento ou serragem, processo de transformação dos blocos em chapas ou placas semi-acabadas, de espessuras que variam de 1 a 3cm, utilizando máquinas denominadas de teares. As mais comuns utilizam lamas abrasivas, que tem como principais objetivos: lubrificar e resfriar as lâminas, evitar a oxidação das chapas, servir de veículo ao abrasivo (granalha) e limpar os canais entre as chapas. Composta por água, granalha, cal e rocha moída a lama abrasiva é distribuída por chuveiros sobre o bloco através de bombeamento (Silva, 1998) (Figura 2).



Figura 2- Corte de blocos de granitos com auxílio de lama abrasiva

O controle da viscosidade é realizado acrescentando-se periodicamente água e descartando-se a parcela da mistura de menor granulometria, que é bombeada para um tanque onde é efetuada a separação da mistura de maior granulometria. Nos casos mais gerais, esta separação é feita por densidade. Deixa-se o tanque ser preenchido completamente e separa-se a fração de menor granulometria que se posiciona na região superficial, de onde será descartada por transbordamento (Rochas de Qualidade, 1993) (Figura 3).

A partir deste descarte, o resíduo é transportado e, posteriormente, depositado em poços e lançados em tanques de deposição final, estes tanques absorvem toda a geração de rejeito do desdobramento. Uma vez cessada esta capacidade, o volume depositado é removido para que o tanque fique novamente pronto para estocagem de nova quantidade de resíduo (Farias, 1995).



Figura 3- Deposição de resíduo proveniente do corte de granito a céu aberto

O resíduo da serragem ou polpa, como é normalmente denominado, apresenta uma granulometria fina, com 71,65% de materiais com dimensões inferior a 0,075mm. A variação do tipo de rocha granítica que será cortada não proporciona significativas alterações na composição do resíduo final.

Quanto a sua morfologia e estrutura, apresenta-se basicamente com três fases distintas: branca, cinza claro e cinza escuro. A fase branca é caracterizada pela presença (5%), Ca e Al em menor (93%) e por outros elementos Si (do elemento ferro (quantidade, esta fase constitui a fração metálica do resíduo e é constituída de partículas de morfologia irregular e superfícies arredondadas. A fase cinza claro é caracterizada como sendo constituída de outros componentes da mistura (40%)) possuem morfologia regular abrasiva (cal e resíduo da própria rocha, Si (e cantos arredondados. A fase cinza escuro é caracterizada pela presença de elementos da própria rocha granítica, com a mesma morfologia da fase anterior (Silva, 1998).

Importância do Filer para as Misturas Asfálticas

O filer é um material finamente dividido, constituído de partículas minerais proveniente de agregados graúdos e/ou miúdos empregados nas misturas asfálticas, tendo como finalidade principal em misturas asfálticas melhorar seu desempenho reológico, mecânico, térmico e de sensibilidade a água (Santana, 1993) (Figura 4).

No comportamento das misturas asfálticas o índice de vazios assume particular importância. A influência da porcentagem de vazios no comportamento das misturas, quanto a fadiga, pode ser explicado pelos seus efeitos na rigidez e nas tensões de tração que se desenvolvem no ligante ou na combinação filer-ligante, perdendo característica de flexibilidade, provocando assim, um aumento na resistência à fadiga do material (Robert, 1996).



(a)



(b)

Figura 4 - Concreto Betuminoso Usinado a Quente em campo (a), e em laboratório (b)

O filler além de preencher os vazios apresenta a propriedade de aumentar a viscosidade do asfalto espaçando-o e incorporando-o. Esta atividade faz com que o mástique tenha maior viscosidade que o asfalto correspondente. Simultaneamente tem-se o aumento do ponto de amolecimento, diminuição da suscetibilidade térmica, aumento na resistência aos esforços de cisalhamento (estabilidade), no módulo de rigidez e na resistência a tração na flexão (Santana, 1995).

Destaca-se sua grande importância na composição das misturas asfálticas, principalmente as densas que são estruturas formadas por esqueletos pétricos integrados por agregado graúdo e miúdo devidamente adensados em que os vazios deixados estão em partes preenchidos pelo conjunto coesivo formado pelo asfalto, no qual encontra-se disperso o filler. Neste tipo de mistura o filler enche os vazios deixados pelos agregados graúdos e miúdos, o que contribui para fechar as misturas, dando maior equilíbrio à estrutura e conseqüentemente, aumentando a estabilidade, sem que haja a necessidade de grandes aumentos no teor de asfalto.

Métodos e Materiais

Métodos

Realizaram-se ensaios de caracterização, visando classificar as amostras de cimento asfálticos, agregados (miúdos e graúdos) e o material de enchimento "filer". Foi verificado o comportamento mecânico da mistura asfáltica (cimento asfáltico, agregados e filer) a partir de dados obtidos de ensaios Marshall. Comparam-se resultados obtidos com as misturas asfálticas utilizando fileres tradicionais, cimento portland e cal, com o filer do resíduo.

Materiais

Agregados Graúdos: Os agregados graúdos utilizados foram do tipo granítico, designados como convencionais.

Agregados Miúdos: Quanto aos agregados miúdos, optou-se por uma areia de rio, por ser de uso comum em obras de engenharia da região.

Filer: Foi utilizado cimento portland, cal e o resíduo de serragem do granito, objeto de pesquisa.

Cimento Asfáltico de Petróleo: Foi utilizado um CAP de penetração 50 – 60.

Experimento

O experimento foi dividido em três fases, a saber:

Fase 01 - "Projeto Piloto"

Nesta fase inicial da campanha de ensaios, buscou-se a familiarização com os diversos equipamentos a serem utilizados, visando minimizar as diversas fontes de erros que a metodologia Marshall esta exposta, tentou-se também verificar a real possibilidade de utilização do material alvo da pesquisa como alternativo no concreto asfáltico e um possível entendimento do comportamento dos materiais envolvidos na pesquisa. Para tanto foram confeccionados 45 corpos de provas, sendo 15 para cada filer analisado e 3 para cada teor de cimento asfáltico. Trabalhou-se com 45% de agregado graúdo, 50% de agregado miúdo e 5% de filer.

Fase 02 – "Verificação do Comportamento Mecânico das Misturas Asfálticas"

Nesta etapa inicia-se uma bateria de ensaios que forneceram subsídios para análise do comportamento do material alvo da pesquisa, para tanto, foram confeccionados 150 corpos de provas rompidos no aparelho Marshall, sendo 50 para cada filer analisado e 10 para cada teor de cimento asfáltico. Trabalhou-se com 45% de agregado graúdo, 50% de agregado miúdo e 5% de filer.

Fase 03 – "Variabilidade do Teor de Filer e seus Efeitos"

Na tentativa de entender o comportamento da mistura asfáltica com a variabilidade do teor de filer, foram confeccionados 45 corpos de provas, sendo 15 para teor de filer analisado (4, 6 e 7%) e três para cada teor de cimento asfáltico, variando o teor de filer,

sem alterar quantitativamente os demais materiais envolvidos. Nesta etapa trabalhou-se apenas com o filler resíduo.

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	Areia	Cimento	Cal	Resíduo	CAP
Massa Específica (g/cm ³)	2,705	2,610	3,080	2,270	3,335	1,02

Tabela 2 – Ensaios de caracterização do ligante

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

A Figura 5 ilustra a distribuição dos tamanhos dos grãos dos filleres utilizados como material de enchimentos do concreto betuminoso.

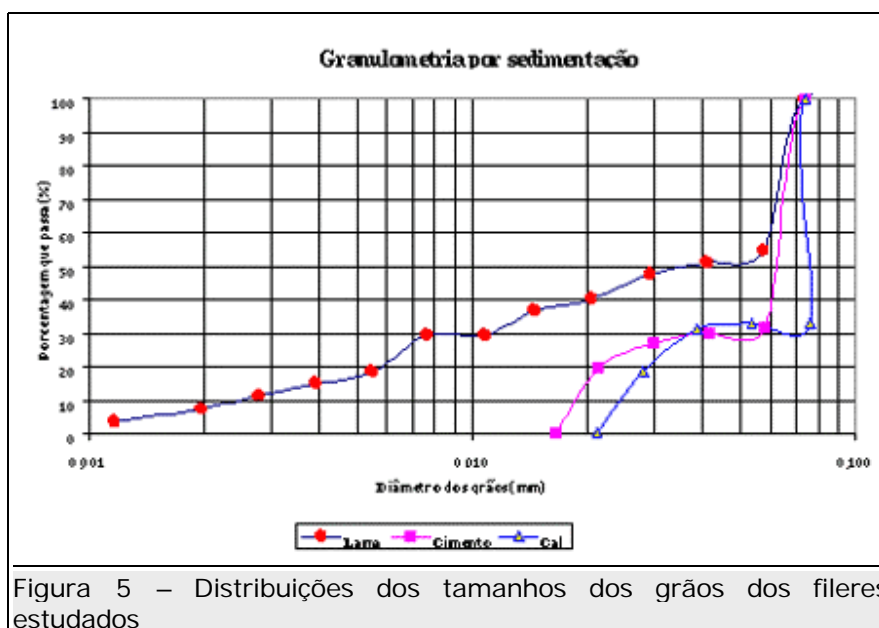
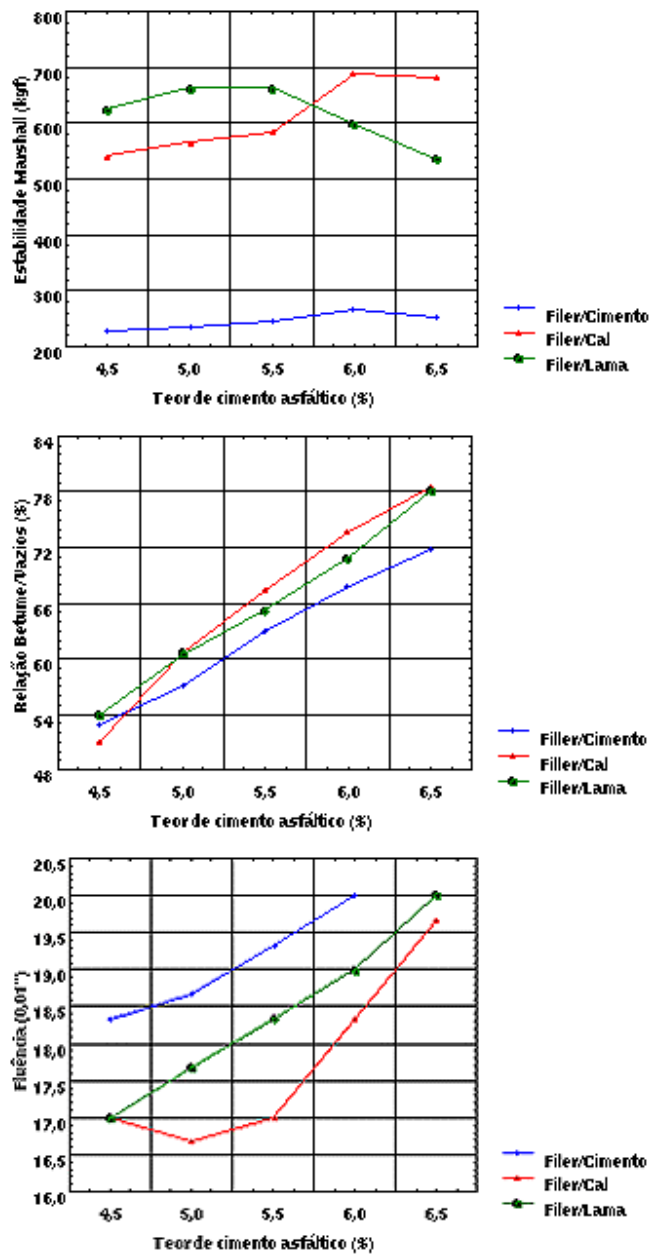


Figura 5 – Distribuições dos tamanhos dos grãos dos filleres estudados

As Figuras 6, 7 e 8 ilustram os resultados, obtidos a partir do procedimento Marshall de dosagem de concreto betuminoso, para distintas fases da pesquisa.



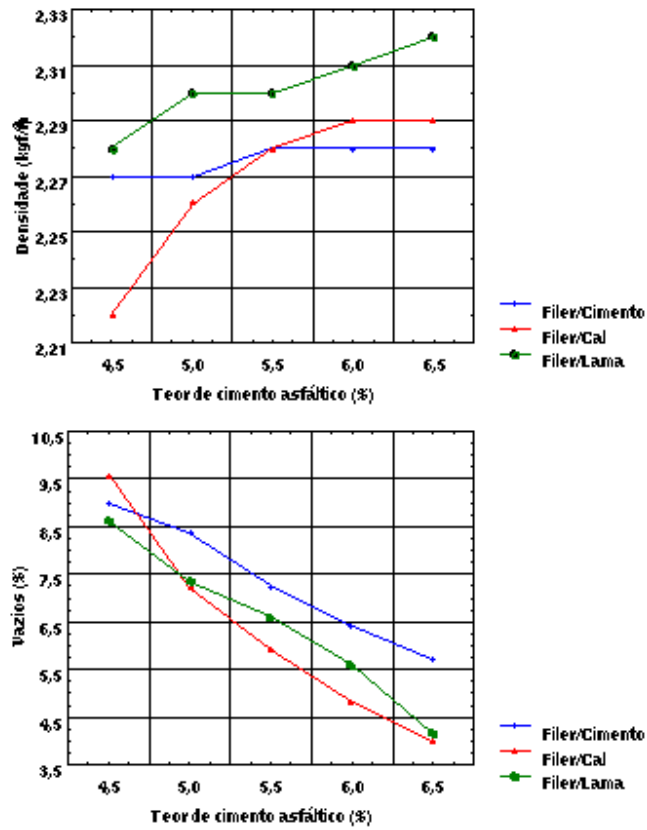
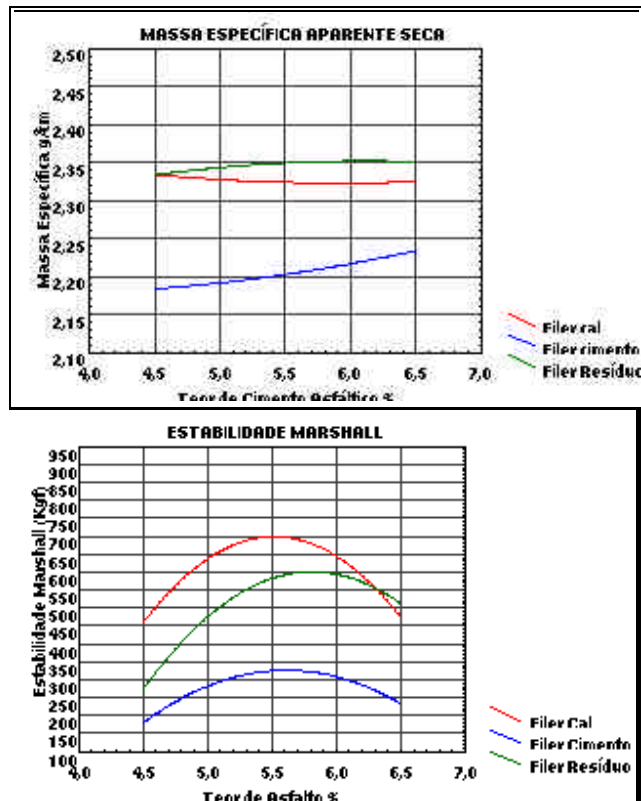


Figura 6 - Resultados de ensaios Marshall realizados com corpos-de-prova confeccionados com fileres (cimento portland, cal e resíduo) (Fase 01).



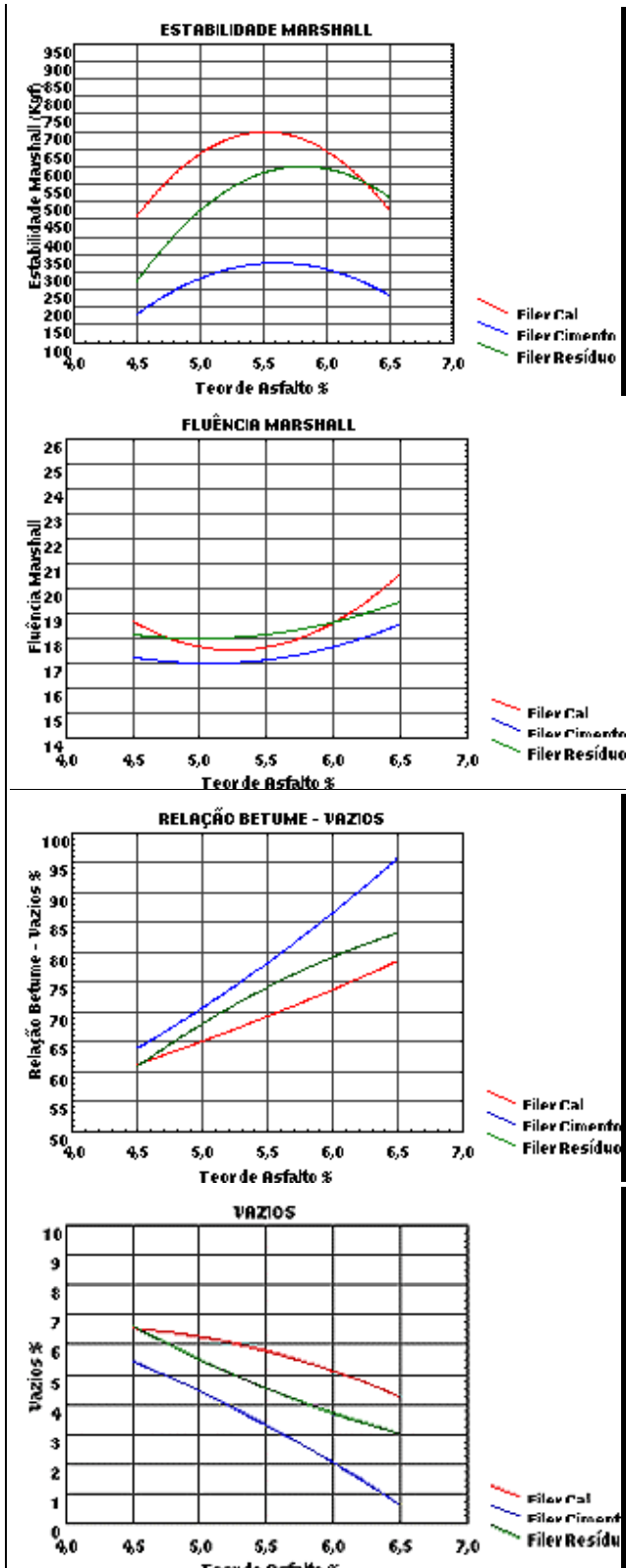
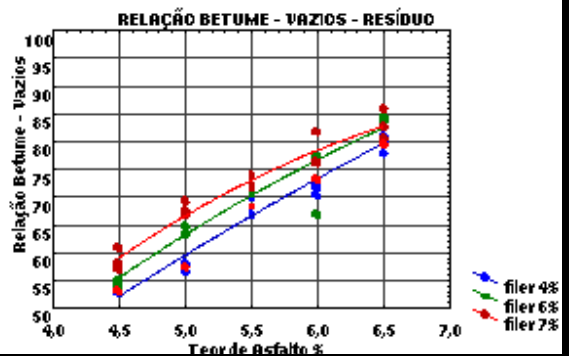
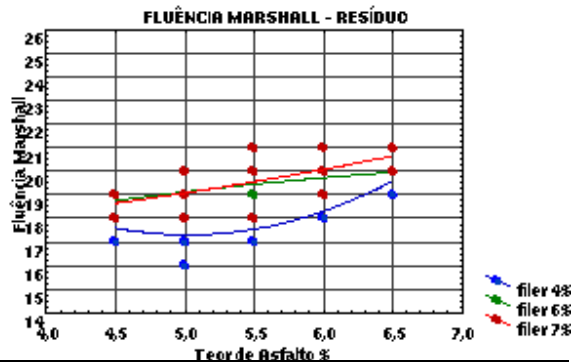
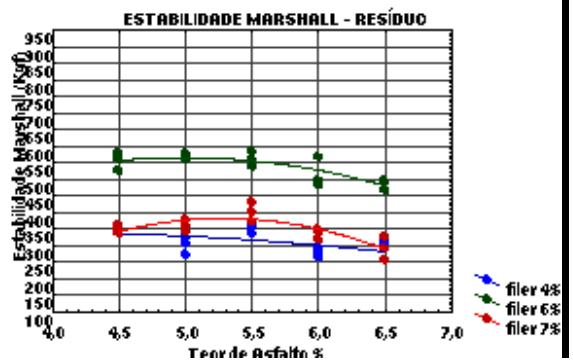
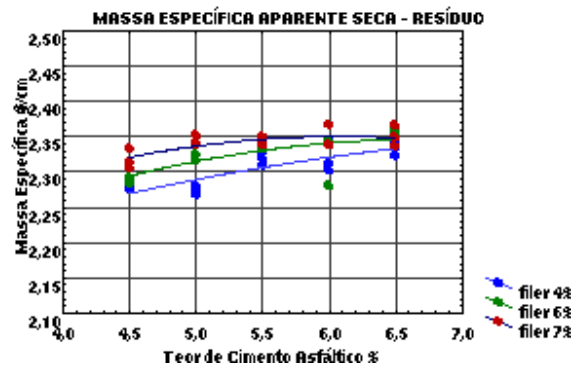


Figura 7 - Resultados de ensaios Marshall realizados com corpos-de-prova confeccionados com fileres (cimento portland, cal e resíduo) (Fase 02).



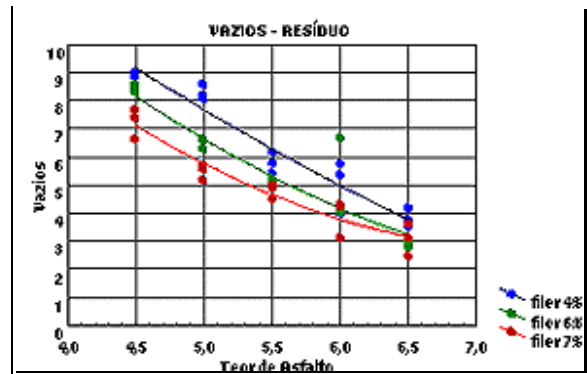


Figura 8 - Resultados de ensaios Marshall realizados com corpos-de-prova confeccionados com filer resíduo. (Fase O3)

Conclusões

A massa específica aparente da mistura asfáltica, que tem como filer o resíduo, apresentou valores próximos aos observados ou obtidos com a mistura asfáltica composta com o filer Cal.

A Estabilidade Marshall mínima, preconizada pelo DNER, foi alcançada para as três misturas analisadas, sendo que, a mistura que tem como filer a Cal apresentou um valor maior de estabilidade quando comparado com as outras misturas.

A mistura asfáltica composta com o filer do Resíduo apresentou valores de estabilidade compatíveis com os valores estimados para mistura asfáltica com o filer Cal. Esse fato não se repetiu ou ocorreu com a mistura que tem como filer o Cimento Portland. Para estes, os valores de estabilidade são inferiores.

Na análise da fluência, para as três misturas asfálticas, os resultados indicam comportamento satisfatório.

Na Relação Betume – Vazios a mistura que tem como filer o Cimento Portland apresentou limite mínimo estabelecido com um teor de asfalto de 5%, enquanto que a mistura que tem como filer o Resíduo, este limite foi atingido com 5,5% de cimento asfáltico e a que tem como filer a Cal com 6% de cimento asfáltico.

Os resultados encontrados indicam que a utilização do resíduo, proveniente da serragem de rochas graníticas, como filer nas misturas asfálticas em substituição aos produtos convencionais na proporção de 6% de material, satisfaz os métodos de misturas asfálticas, preconizados pelo DNER, para um teor de 5,5% de cimento asfáltico.

Agradecimentos

ATECEL - Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

POLYGRAM S. A. (Indústria de Beneficiamento de Mármore e Granitos)

CAPES – Centro de Aperfeiçoamento de Pessoal

Referências Bibliográficas

Departamento Nacional de Estradas e Rodagem – D.N.E.R. (1974), Métodos e Instruções de Ensaio - D.N.E.R., Rio de Janeiro

FARIAS, Carlos Eugênio Gomes (1995). Mercado Nacional. Séries Estudos Econômicos Sobre Rochas, vol. 2, Fortaleza.

Motta, J. F. M. ; Freire, A. S. (1997). Potencialidades para o Aproveitamento Econômico do Rejeito da Serragem do Granito. Revista Rochas de Qualidade, Edição 123.

ROBERT, F. L., KANDHAL, P. S. & BROWN, E. R. (1996), Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction, Second Edition, NAPA Education Foundation Lanham, Maryland.

SANTANA, Humberto (1993). Manual de Pré-Misturado a Frio. IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo), Comissão de Asfalto, 1ª Edição, Rio de Janeiro.

SANTANA, Humberto (1995). Considerações Sobre os Nebulosos Conceitos e Definição de Filler em Misturas Asfálticas. In: 29ª Reunião Anual de Pavimentação, Cuiabá – Mato, 1995, Grosso v. 1.

Silva, S. A. C. (1998). Caracterização do Resíduo da Serragem de Blocos de Granito. Estudo do Potencial de Aplicação na Fabricação de Argamassas de Assentamento e de Tijolos de Solo-Cimento. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.

Sobrinho, D. S. (1998). Implantação de um Laboratório Industrial para Produção Experimental de Elementos Decorativos e Revestimentos de Paredes a partir de Resíduos Sólidos, Provenientes de Rejeitos de Vidros, Rochas Graníticas e Calcárias da Região. Relatório de Iniciação Científica, DEC/ CCT/ UFPB.

VIDAL, Francisco Wilson Hollanda, JÚNIOR, Antônio Stelin. (1995). A Indústria de Rochas Extrativas de Rochas Ornamentais no Ceará - Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo.

1 Mestre em Engenharia Civil (Geotecnia) do Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia (UFCG)

2 Professor Adjunto, Doutor em Engenharia Civil (Geotecnia) do Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia (UFCG) Campus Campina Grande

3 Bolsista de Iniciação Científica (PIBIC) do Curso de Engenharia Civil da UFCG

3 Mestre em Engenharia Civil (Geotecnia) do Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia (UFCG)

4 Professor Adjunto, Doutor em Engenharia Civil (Geotecnia) do Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia (UFCG) Campus Campina Grande

Fonte: Site Ambiente Brasil

Colaboração: **Maria Fernanda Grotti Clemente** (graduanda em Geologia pela Unicamp)