

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
DISCIPLINA: ESTÁGIO SUPERVISIONADO
SUPERVISOR: Prof. John Kennedy Guedes Rodrigues
PERÍODO: 2002.2**

Relatório do Estágio Supervisionado

**ALUNO: PEDRO NOGUEIRA DE SOUZA NETO
MAT: 29811320**

**Campina Grande - PB
Março de 2003**



Biblioteca Setorial do CDSA. Julho de 2021.

Sumé - PB

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

"Relatório do Estágio Supervisionado"



Pedro Nogueira de Souza Neto (Estagiário)



Prof: Dr. John Kennedy Guedes Rodrigues (Supervisor 1)



Prof: Ailton Alves Diniz (Supervisor 2)

Campina Grande -PB

Março de 2003

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho se refere às atividades desenvolvidas durante o período de estágio supervisionado do aluno PEDRO NOGUEIRA DE SOUZA NETO, matriculado no curso de graduação de engenharia civil do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, sob o número da matrícula 29811320.

O estágio supervisionado foi realizado no período de Outubro de 2002 à Março de 2003, totalizando 350 horas, tendo como finalidade cumprir a programação da disciplina obrigatória referente ao estágio, visando a conclusão do curso em Engenharia Civil.

O estágio foi oferecido pela **Associação Técnico - Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior – ATECEL**, onde o acompanhamento das atividades foram realizados nos Laboratórios de Solos II e III da Área de Geotecnia do DEC/CCT/UFCG, tendo como supervisor o Prof. John Kennedy Guedes Rodrigues e Coordenador o Prof. Ailton Alves Diniz.

ÍNDICE

1.0 - INTRODUÇÃO	2
2.0 – OBJETIVOS DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO.....	3
3.0 - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	4
4.0 – INFORMAÇÕES SOBRE A LITERATURA.....	4
4.1 - UTILIZAÇÃO DE REJEITOS COMO MATERIAL ALTERNATIVO.....	4
4.2 - AGREGADOS.....	5
4.3 – FILER.....	6
4.4 - CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO.....	7
4.5 - CONCRETO ASFÁLTICO	8
4.6 - DEFEITOS NO CONCRETO ASFÁLTICO.....	9
4.6.1 - <i>Deformação Permanente.....</i>	<i>9</i>
4.7 - ENSAIO MARSHALL.....	12
4.7.1 - <i>Aparelhagem</i>	<i>14</i>
4.7.2 - <i>Procedimento</i>	<i>15</i>
4.7.3 - <i>Estabilidade e Fluência.....</i>	<i>16</i>
5.0 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
5.1 - MATERIAIS	17
5.1.1 - <i>Agregados Graúdos.....</i>	<i>17</i>
5.1.2 - <i>Agregados Miúdos.....</i>	<i>17</i>
5.1.3 - <i>Filer.....</i>	<i>17</i>
5.1.4 - <i>Cimento Asfáltico.....</i>	<i>17</i>
5.2 - MÉTODOS DE ENSAIOS.....	21
5.2.1- <i>Ensaio em Misturas</i>	<i>22</i>
6.0 - RESULTADOS	26
7.0 - CONCLUSÃO.....	35
8.0 - BIBLIOGRAFIA.....	36
9.0 - AGRADECIMENTOS	38

1.0 - INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata das soluções propostas pela **Associação Técnico - Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior – ATECEL**, para o acompanhamento de estudos sobre a influência de fileres (cal, cimento portland e resíduo do granito) sobre o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP 50-60), e em misturas asfálticas.

Foram adotadas as normas e especificações gerais do Departamento Nacional de Estradas e Rodagens – DNER e Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, para execução dos ensaios realizados.

2.0 – OBJETIVOS DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO

O estágio supervisionado tem por objetivos:

- Aprimorar a formação acadêmica do aluno, ou seja, por em prática a teoria adquirida no curso até o momento;
 - Ver e observar boa parte dos conhecimentos teóricos repassados em sala de aula para serem colocados no dia a dia das obras em geral, descobrindo assim o lado investigativo e questionável dos serviços em questão e aprendendo cada vez mais;
 - Aquisição de novos conhecimentos gerais e termos utilizados no cotidiano da engenharia civil;
 - Observar o despertar da consciência profissional, o amadurecimento do estudante;
 - Desenvolvimento do relacionamento pessoal e profissional com as pessoas que ali se fazem presentes;
 - Desenvolver a capacidade de analisar e solucionar possíveis problemas que possam vir a ocorrer no decorrer das atividades;
 - Constatar que em um curto espaço de tempo, todas aquelas responsabilidades, problemas e satisfações pessoais vividas pelos experientes profissionais ali presentes servirão de aprendizado para o estagiário e futuro Engenheiro Civil;
 - O acompanhamento através de atualizações constantes do cronograma
- ;

Enfim, é o despertar para um novo mundo. É o último passo do estudante de Engenharia Civil, deparando-se com a literatura real baseada na Universidade. O estudante torna-se um adulto responsável pelo que fizer certo ou errado naquele serviço, devendo o mesmo aproveitar essa transição tão importante nesta batalha que é ser um profissional competente, respeitado e acima de tudo confiante.

3.0 - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

1. Coleta de informações sobre a literatura existente (livros, revistas, artigos, internet, Normas do DNER e ABNT – E.S M.E, etc);
2. Treinamento e Execução de ensaios:
 - ✓ Caracterização dos agregados graúdos, miúdos e fileres;
 - ✓ Caracterização do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) e misturas asfálticas;
 - ✓ Ensaio com misturas asfálticas.
3. Confecção do Relatório Supervisionado.

4.0 – INFORMAÇÕES SOBRE A LITERATURA

4.1 - Utilização De Rejeitos Como Material Alternativo

Tem sido estudada a aplicação de rejeitos produzidos em diversos tipos de indústrias para uso como material na construção civil e, em especial, na pavimentação. Além da preocupação com a execução de pavimentos de baixo custo com desempenho satisfatório, procura-se amenizar danos ambientais que ocorrem com a estocagem desses materiais.

Em todas as pesquisas evidencia-se que a utilização de rejeitos como material alternativo minimizará os impactos ambientais causados por sua deposição no meio ambiente, além de poder vir agregar serventia a um material, atualmente visto como sem valor econômico.

Gradativamente tem-se aumentado o uso de rejeitos como filer em revestimentos asfálticos. Pneu moído e vidro são dois dos mais conhecidos rejeitos que foram, com algum sucesso, incorporados em revestimentos asfálticos. Em alguns casos, rejeitos podem ser usados para incrementar certas características desejáveis no concreto asfáltico, em outros casos, basta que o problema ambiental de despejo de resíduo seja resolvido, mesmo não ocorrendo um ganho de propriedades no CBUQ. Entretanto espera-se que não ocorra perda de propriedades pela necessidade de se dar fim a um rejeito.

Os Departamentos de Engenharia Civil, Materiais e Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba vem desenvolvendo pesquisas desde 1997 com o rejeito da serragem de blocos de granito nas áreas: agrícola como corretivo de solo; na área de construção civil como argamassa, tijolos maciços sem queima, elementos de alvenaria e revestimentos cerâmicos com queima; na área rodoviária, recentemente, na melhoria de solos para aplicação em revestimentos primários e materiais de enchimento em concretos asfálticos. Os resultados são promissores, com possibilidade de aplicação em escala industrial.

4.2 - Agregados

Fragmentos de partículas inertes que formam a principal estrutura das misturas, os agregados possuem características físicas e químicas que intervêm no comportamento do concreto asfáltico (MACEDO, 1989).

A resistência interna da estrutura dos concretos asfálticos é determinada em sua grande parte, pelos parâmetros: forma, textura, quantidade, tipo e granulometria do agregado utilizado. Com relação à textura do agregado, sabe-se que agregados com formas cúbicas bem definidas e texturas rugosas, aumentam a estabilidade da mistura betuminosa e melhora sua homogeneidade.

Os agregados podem ser: naturais ou especialmente fabricados. Quanto ao tamanho das partículas os agregados são usualmente classificados em: agregado graúdo [2"(50,8mm) - nº 10 (2,0mm)], agregado miúdo [nº 10 (2,0mm) - nº 200 (0,074mm)] e Filer [passando na nº 200 (0,074mm)].

4.3 – Filer

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

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 betume ou na combinação filer-betume, provocando um aumento na resistência à fadiga do material.

O filer 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 cisalhantes (estabilidade), no módulo de rigidez e na resistência a tração na flexão.

Destacam-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 e onde os vazios deixados estão em partes preenchidos pelo asfalto, no qual encontra-se disperso o filer. As funções básicas do filer neste tipo de mistura são:

- ✓ Encher os vazios deixados pelo agregado graúdo e miúdo, o que contribui para fechar as misturas, dando maior equilíbrio à estrutura e conseqüentemente, aumentando a estabilidade, sem haver necessidades de grandes aumentos no teor de betume;

- ✓ Aumento da durabilidade das misturas, com adição de filer, tornando-as impermeáveis ao fechá-las;
- ✓ Ao incorporar-se, filer e betume, forma um conjunto consistente com um significativo aumento de resistência a deformação do meio coesivo formado pelas misturas betuminosas. Isto é de particular importância quando a mistura comporta-se de maneira instável por apresentar resistência friccional deficiente, fato que ocorre ao empregar-se agregados naturais de grãos arredondado.
- ✓ Ao misturarem-se os agregados graúdos, miúdos e filer, o ligante cobre as partículas dos agregados e é de suma importância que tanto o filer como o betume esteja em quantidades adequadas para que a mistura posteriormente compactada, tenha seus agregados acomodados de tal forma, que o sistema filer-betume flua nos vazios da estrutura.
- ✓ Para que a mistura asfáltica tenha flexibilidade adequada e apresente deformações sem fissuras, o esqueleto pétreo deverá deformar-se sem perder seu arranjo interno conseguido na compactação e a mistura coesiva que ocupa os vazios deverá apresentar certas propriedades que se assemelham aos líquidos de alta viscosidade.
- ✓ Esta consistência varia com a temperatura, logo, ao variá-la, deve-se conferir ao meio contínuo (filer-asfalto), propriedades que caracteriza ao conjunto uma certa capacidade de deformação sem ruptura, visto que, esta capacidade esta vinculada à flexibilidade e a uma boa adaptabilidade à base.

4.4 - Cimento Asfáltico de Petróleo

O Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) é um material aglutinante, de cor escura constituído por misturas complexas de hidrocarbonetos não voláteis, de elevada massa molecular. Obtido a partir do petróleo por destilação em unidades industriais, sua principal função nas misturas asfálticas é a de promover a aglutinação do conjunto estrutural, permitindo que a transmissão dos esforços produzidos nos pavimentos sejam distribuídos pelos elementos granulares que formam o esqueleto do revestimento, conferindo ao pavimento características de flexibilidade e impermeabilidade (Santana, 1993).

Os CAPs são, em geral, classificados pela sua consistência o que traduz o conceito cotidiano de mais mole ou mais duro. Como são materiais termoplásticos e viscoelásticos esta consistência deve ser definida para uma dada temperatura e uma certa velocidade de aplicação de carga. A escolha da consistência deve basear-se no tipo de serviço e clima da região, pois, o uso indiscriminado pode acarretar em pavimentos quebradiços (BUFF APUD MACEDO, 1989).

4.5 - Concreto Asfáltico

Concreto asfáltico é a denominação dada às misturas a quente compostas de agregados graúdos, agregados miúdo, materiais de enchimento (filer) e o cimento asfáltico que deve recobrir uniformemente as partículas dos agregados. Entre as principais propriedades das misturas asfálticas, destacam-se a estabilidade, durabilidade, flexibilidade, resistência a derrapagem, permeabilidade e a trabalhabilidade.

O concreto asfáltico, sendo uma mistura de materiais granulares e cimento asfáltico, tem como características viscoelásticas semelhantes as do cimento asfáltico. Seu comportamento é fortemente influenciado por parâmetros de misturas como a porcentagem de vazios (compacidade), frequência de aplicação da carga e a temperatura.

Tradicionalmente, o teor de cimento asfáltico é estimado a partir do ensaio *Marshall*, pela otimização de cinco parâmetros: a estabilidade, a densidade, a porcentagem de vazios, a relação porcentagem de asfalto/vazios e a fluência (deformação).

O teor de vazios é um dos parâmetros de maior influência na deformação permanente dos concretos asfálticos. Existe um intervalo entre 3 a 7%, de teor de vazios, para o qual o material é mais estável.

4.6 - Defeitos no Concreto Asfáltico

4.6.1 - Deformação Permanente

A degradação da qualidade do pavimento de concreto asfáltico ocasiona deformação permanente, que se traduz no aparecimento de irregularidade no perfil longitudinal e no perfil transversal do pavimento.

A deformação permanente, em inglês, designada por "rutting" e, em francês, "orniérage", também denominada afundamento de trilha de roda, pode ser descrita como uma depressão nas trilhas das rodas com possível ocorrência de uma elevação ao longo das bordas dessa depressão.

A deformação permanente pode ser originada principalmente pela instabilidade do concreto asfáltico ocasionada pela fluência excessiva da mistura, agravada por temperaturas elevadas. É importante que a estrutura das camadas dos pavimentos das rodovias tenham características que conservem índices de irregularidades abaixo de certos limites para o ciclo de vida do pavimento.

Três mecanismos, que se traduzem em irregularidades da superfície, caracterizam formação de deformação permanente na superfície dos concretos asfáltico (deformação permanente estrutural, deformação permanente de fluência e deformação permanente de uso). Estes três tipos podem agir independentemente uns dos outros ou simultaneamente.

a) Deformação Permanente Estrutural

Geralmente a deformação permanente estrutural resulta de subdimensionamento das camadas do pavimento para o tráfego o qual é submetido, ou do emprego de materiais com defeito de execução (falta de compactação), de insuficiência de drenagem e suporte do solo. As providências para proteger o pavimento de tais defeitos estruturais são bem conhecidas: métodos de dimensionamentos correspondentes às cargas e recomendações de empregos de materiais de boa qualidade e drenagem.

b) Deformação Permanente de Fluência

Este tipo de deformação permanente distingue-se por ser um problema da produção e projeto do concreto asfáltico, portanto, das características dos diversos constituintes e da execução da mistura. A correção faz-se, em geral, pela retirada do concreto asfáltico e pela reposição de um novo ou pela reciclagem e correção dos materiais.

A formulação do concreto asfáltico com vistas a evitar a deformação permanente, assegura um esqueleto mineral estável e eficaz na transmissão dos esforços, procurando numerosos pontos de contatos entre as partículas granulares, resultando em atrito interno elevado e duradouro entre as partículas, quando se emprega material de qualidade.

c) Deformação Permanente por Uso

A deformação permanente por uso resulta do desgaste provocado pelos pneus, especialmente, por pneus providos de correntes para situações de pista com gelo. É um defeito que ocorre primordialmente em regiões frias.

4.6.1.1 Parametros Influentes Na Deformação Permanente

Tem sido difícil estabelecer correlações entre os parâmetros de formulação e a deformação permanente, contudo muitos parâmetros podem ter sua sensibilidade avaliada por teste de laboratório. Diversos fatores influenciam a deformação permanente:

a) Temperatura

Os concretos asfálticos herdam as características viscosas dos cimentos asfálticos, que alteram sua consistência com o aumento da temperatura. No mesmo sentido, o aumento da temperatura ambiente acentua o risco de ocorrência de deformação permanente.

É possível identificar uma forte tendência de mudança de comportamento para os concretos asfálticos, um aumento da temperatura de

ensaio em 10 °C pode ocasionar uma translação da curva de deformação permanente em 10 (na escala log-log). A mesma porcentagem de deformação permanente pode ser obtida para 50^o C e 100 000 ciclos, e 60^o C e 10 000 ciclos, no intervalo de temperaturas de 42^o C a 60^o C (BROSSEAUD et al., 1993).

b) Volume de Vazios:

O volume de vazios é um dos fatores que tem maior influência na deformação permanente dos concretos asfálticos. Existe um intervalo de volume de vazios, de 3% a 7%, para qual o material é mais estável (BROSSEAUD et al., 1993).

Existe um volume de vazios intergranulares cheios com betume para o qual a resistência é obtida pela imobilização do grão sem o efeito da lubrificação pelo betume

A composição volumétrica dos concretos asfálticos é de importância fundamental para a estabilidade e a durabilidade do pavimento. Em geral, o concreto asfáltico após a compactação não deve ter menos do que 4% de vazios para que o teor de vazios não se reduza a menos de 2% ou 3% pela pós-compactação, o que causaria a perda da estabilidade da mistura.

c) Granulometria:

O tamanho dos grãos dos agregados é o responsável pela sua distribuição interna, de modo que haja contato íntimo entres os grãos maiores, enquanto os grãos menores preenchem os vazios deixados pelos os grãos maiores.

Embora pesquisadores relatem que não têm uma conclusão geral sobre a influência da granulometria na deformação permanente, BROSSEAUD et al. (1993) afirmam que: o aumento de materiais granulares melhora sistematicamente a resistência à deformação permanente e que a introdução de uma descontinuidade na granulometria contribui, em geral, para a instabilidade.

d) Influência do Tipo e Teor de Cimento Asfáltico:

Os cimentos asfálticos menos viscosos tendem a apresentar maior risco de deformação permanente, a sua consistência, de maneira empírica, pode ser caracterizada pela penetração, temperatura de amolecimento (anel e bola) e pelo índice de susceptibilidade térmica.

Sistematicamente, os cimentos asfálticos com penetração inferior apresentam menor percentagem de deformação permanente, contudo a temperatura de amolecimento e o índice de susceptibilidade permitem, conjuntamente, aferir a sensibilidade ao risco de deformação permanente.

Em situações particulares, os riscos de deformação permanente podem ser controlados pela aplicação de cimentos asfálticos modificados de modo a reduzir sua sensibilidade térmica.

BROSSEAUD et al. (1993) afirmam que embora existam riscos maiores de deformação com o aumento do teor de cimento asfáltico, parece não haver uma proporcionalidade. Existe, na verdade, um nível crítico de preenchimento dos vazios do agregado mineral por cimento asfáltico a partir do qual o material se torna instável.

A adoção de teores mais elevados de cimento asfáltico com o intuito de melhorar a trabalhabilidade da mistura pode conduzir a alto risco de deformação permanente.

4.7 - Ensaio Marshall

Este método fixa o modo pelo qual se determina a estabilidade e fluência de misturas betuminosas usinadas a quente, para a determinação do teor ótimo de ligante betuminoso a ser utilizado em uma mistura, utilizando equipamentos do ensaio Marshall como mostra a seqüência da Figura 01.



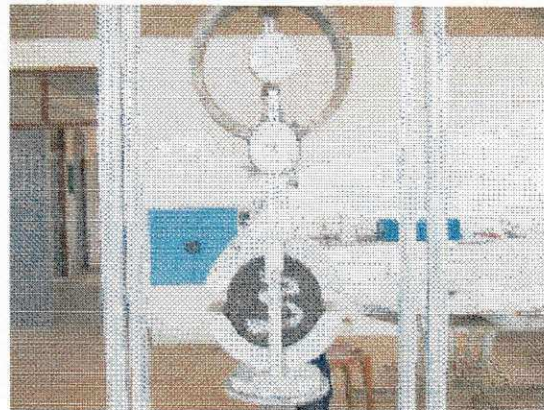
a) Moldagem do corpo de prova



b) Extração do corpo de prova



c) Corpos de prova moldados



d) Rompimento do corpo de prova



e) Corpo de prova após Rompimento

Figura 01 – Processo de moldagem e rompimentos de corpos de prova

4.7.1 - Aparelhagem

- ✓ Placa elétrica ou estufa capaz de manter temperaturas até 200⁰ C, com variação de mais ou menos 2⁰ C;
- ✓ Balança com capacidade de 5 kg, sensível a 1g;
- ✓ Molde de compactação de aço, consistindo de anéis superiores e inferior e uma placa base. A placa base e o anel superior devem encaixar-se perfeitamente nas extremidades do anel inferior;
- ✓ Peneiras de 25 - 19 - 9,5 - 4,8 e de 2,0 mm, inclusive tampos e fundo, de acordo com a especificação "Peneiras de malhas quadradas para análise granulométrica de solos" ABNT EB - 22R;
- ✓ Colher de metal, com capacidade de 30 a 50 ml. Cabo com cerca de 25 cm;
- ✓ Recipiente em aço estampado, em forma de calota esférica, fundo chato munido de duas alças laterais. Capacidade de cerca de 5 litros;
- ✓ Recipiente em aço estampado, cilíndrico, munido de asa lateral, isolante térmico e bico vertedor. Capacidade de meio litro;
- ✓ Termômetro de par termelétrico, graduado em 2⁰ C, de 0⁰ C a 200⁰ C;
- ✓ Espátula de aço, com ponta arredondada, com lâmina de 18 cm de comprimento e 3 cm de largura;
- ✓ Bloco de madeira, medindo aproximadamente 40 cm de diâmetro, ou de lado, e de altura compatível com o operador e sobre o qual deve ser apoiado o molde. Deverá ser instalado, nivelado, perfeitamente estável, livre de excesso de vibração ou trepidação;
- ✓ Soquete de compactação, de aço, com 4540 g de peso e uma altura de queda livre de 45,72 cm. A face de compactação do pé do soquete é plana e circular;
- ✓ Paquímetro com precisão de 0,1 mm;
- ✓ Banho d'água, com capacidade para 8 corpos de prova, provido de uma prateleira plana e perfurada, para permitir a circulação de água em baixo dos corpos de prova onde o nível d'água deve ficar no mínimo 3 cm acima dos corpos de prova. O aquecimento deve ser preferivelmente elétrico com controle automático de temperatura para 600 + 10⁰C e para 380 + 10⁰C;

- ✓ Molde de compressão, de aço.

4.7.2 - Procedimento

Preparar no mínimo três corpos de prova para cada dosagem;

Secar os agregados até peso constante em estufa a $105^{\circ} - 110^{\circ} \text{ C}$ e separá-los nas seguintes frações:

I - 25 a 19 mm

II - 19 a 9,5 mm

III - 9,5 a 4,8 mm

IV - 4,8 a 2,0 mm

V - Passando na peneira de 2,0 mm

A temperatura que o ligante deve ser aquecido para ser misturado aos agregados é aquela na qual apresenta uma viscosidade Saybolt Furol de 85 ± 10 segundos para o cimento asfáltico ou uma viscosidade específica Engler de 25 ± 3 para o alcatrão;

A temperatura de compactação da mistura é aquela na qual o ligante apresenta viscosidade Saybolt Furol de 140 ± 15 segundos para o cimento asfáltico ou uma viscosidade específica Engler de 40 ± 5 para o alcatrão;

Pesar os agregados para um corpo de prova de cada vez em recipientes separados, nas quantidades de cada fração obtida na alínea b. Colocar os recipientes na placa quente ou na estufa e aquecer à temperatura de aproximadamente 28° C acima da temperatura de aquecimento do ligante estabelecido de acordo com a alínea c, desde que não ultrapasse a temperatura e 177° C . Misturar os agregados e abrir uma cratera para receber o ligante que deve ser aí pesado. Neste momento a temperatura dos agregados e do material betuminoso deve estar dentro dos limites estabelecidos na alínea c. Efetuar a mistura rapidamente até completar cobertura;

A mistura deverá ser recusada e a operação repetida se estiver fora desses limites de temperatura. Não se admite reaquecimento da mistura.

Aplicar com o soquete determinado número de golpes. Inverter o anel inferior, forçar com o soquete a mistura até atingir a placa base e aplicar o mesmo número de golpes.

Observações:

50 golpes para pressão de pneu até 7 kg/cm^2 ;

75 golpes para pressão de pneu até 7 kg/cm^2 , até 14 kg/cm^2

4.7.3 - Estabilidade e Fluência

Os corpos de prova serão imersos em água a $60^{\circ} + 1^{\circ} \text{ C}$ para mistura com cimento asfáltico ou $38^{\circ} + 1^{\circ} \text{ C}$ para misturas com alcatrão por um período de 30 a 40 minutos. Como alternativa, podem ser colocados em estufa nas mesmas temperaturas pelo período de 2 horas.

O molde de compressão, contendo o corpo de prova será levado à prensa e o medidor de fluência colocado na posição de ensaio.

A prensa será operada de tal modo que seu êmbolo se eleve com uma velocidade de 5 cm por minuto, até o rompimento do corpo de prova, o que é observado no deflectômetro pela indicação de um máximo. A leitura deste máximo será anotada e conferida em kg, pelo gráfico de calibração do anel dinamométrico.

A carga em kg, necessária para produzir o rompimento do corpo de prova à temperatura especificada será anotada como 'estabilidade lida'. Este valor deverá ser corrigido para a espessura do corpo de prova ensaiado, multiplicando-o por um fator que é função da espessura do corpo de prova.

O espaço de tempo entre retirar o corpo de prova do banho e o seu rompimento não deverá exceder de 30 segundos.

O resultado assim obtido é o valor da estabilidade Marshall.

5.0 - MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 - Materiais

5.1.1 - Agregados Graúdos

Os agregados graúdos utilizados foram do tipo granítico, designado como comerciais (Figura 02).

5.1.2 - Agregados Miúdos

Quanto aos agregados miúdos, optou-se por uma areia de rio, por ser de uso comum em obras de engenharia da região (Figura 02).

5.1.3 - Filer

Como material de enchimento, foi escolhido o resíduo (lama) da serragem do granito (Figura 02), cal e cimento portland.



Figura 02 - Materiais utilizados no Ensaio Marshall
(Agregado Graúdo e Miúdo e o resíduo do Granito – Filer)

5.1.4 - Cimento Asfáltico

O CAP usado na pesquisa foi do tipo 50/60 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.

A Tabela 01 apresenta as especificações dos métodos de ensaios usados para caracterizar o CAP.

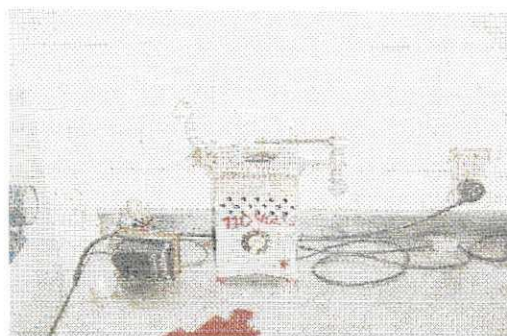
Tabela 01 - Normas utilizadas para a realização dos ensaios de caracterização do CAP utilizado na pesquisa

ENSAIOS	METODOLOGIA
Viscosidade Saybolt Furol	ABNT – MB 517
Penetração	ABNT NBR – 6576
Ponto de Fulgor	DNER-ME 148/94
Ponto de Amolecimento	
Densidade	

A Figura 03 a Tabela 02 e a Tabela 03 apresentam as especificações da característica da e dos métodos de ensaios usados para as misturas dos materiais e para moldagem dos corpos de prova de concreto asfáltico.

Descrição	Fotos
<p><i>Determinar a consistência dos ligantes asfálticos através da “penetração”, a partir de uma agulha padrão que penetra verticalmente em uma amostra de material betuminoso, a uma temperatura de 25°C, com um carregamento de 100 gramas em um intervalo de tempo de 5 segundos.</i></p>	

Indicar a temperatura a qual o asfalto deve ser tratado como um produto inflamável, nesta temperatura ocorre a liberação de gases, que na mistura com o ar e na presença de uma chama pode provocar uma combustão.



Determinar a "Viscosidade" Saybolt Furol dos ligantes asfálticos, "tempo necessário para que ocorra um escoamento de 60 ml de material, no viscosímetro Saybolt Furol".



Figura 03 – Ensaios utilizados para caracterizar o CAP

Tabela 02 - Norma utilizada para enquadrar os materiais na Faixa do DNER

ENSAIOS	METODOLOGIA
Faixa "C" do DNER	
Ensaios Marshall	DNER ME 43 - 95

Tabela 03 - Normas utilizadas para caracterização dos agregados e fileres utilizados na pesquisa

ENSAIOS	METODOLOGIA
Análise Granulométrica	
Agregados	
Graúdos	DNER ME 083 - 94
Miúdos	
Filer	
Densidade Real dos Agregados	
Graúdos	DNER ME 084 - 94
Miúdos	DNER ME 084 - 94
Filer	DNER ME 085 - 94
Sedimentação Filer	DNER ME 083 - 94
Massa Específica Real Filer	DNER ME 085 - 94
Equivalente de Areia	DNER-ME 054/94

5.2 - Métodos de Ensaio

Os métodos utilizados foram propostos pelo Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. Durante o período da pesquisa, procedeu-se então a caracterização dos agregados, tanto os graúdos como os miúdos, material de enchimento "filer" e materiais asfálticos utilizados na pesquisa para assim, serem misturados para a realização dos ensaios.

Os Agregados graúdo e miúdo e o resíduo foram separados nas frações recomendadas de acordo com o método do DNER, adotada para cada ensaio. As frações assim separadas foram acondicionadas em sacos plásticos para posterior realização dos ensaios como mostra a (Figura 04).

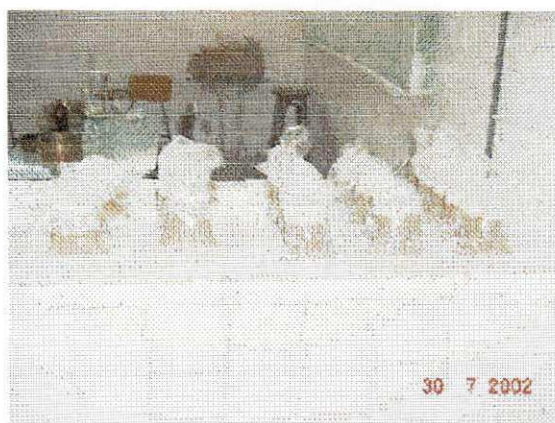


Figura 04 – Materiais separados para realização do Ensaio Marshall

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

O material de enchimento (filer - resíduo), foi totalmente destorroado com o uso do almofariz, depois este material foi passado totalmente na peneira Nº200 para posterior pesagem e colocado juntamente em sacos plásticos.

Os agregados graúdo e miúdo usados para a realização dos ensaios, com exceção para o ensaio de absorção, foram colocados em estufa calibrada

à 110°C, por um período de 24 horas. Onde posteriormente foi feita uma homogeneização do material através de quarteamento.

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

O material de enchimento (filer - resíduo), foi totalmente destorroado com o uso do almofariz, depois este material foi passado totalmente na peneira Nº200 para posterior pesagem e colocado juntamente em sacos plásticos.

Os agregados graúdo e miúdo usados para a realização dos ensaios, com exceção para o ensaio de absorção, foram colocados em estufa calibrada à 110°C, por um período de 24 horas. Onde posteriormente foi feita uma homogeneização do material através de quarteamento.

5.2.1- Ensaio em Misturas

Nesta etapa iniciou-se uma bateria de ensaios que forneceram subsídios para análise do comportamento dos fileres sobre o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP). Para tanto, os agregados foram misturados e estabilizados granulometricamente para apresentar uma distribuição de tamanhos dos grãos que se enquadrassem dentro dos limites pré-estabelecidos na faixa de domínio da faixa "C".

Durante esta fase foram realizados ensaios com as seguintes misturas: Mistura A - Estabilização granulométrica com os agregados graúdos, miúdos e fileres. Mistura B - Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), e Mistura C - Cimento Asfáltico de Petróleo e Fileres (CAP+Filer).

Com estas misturas foram realizados os seguintes ensaios:

Ensaio de Sedimentação – Mistura A;

Ensaio de Análise Granulométrica – Mistura A;

Ensaio Marshall – Mistura B;

Ensaio de Penetração – Mistura C;

Ensaio de Viscosidade Saybolt Furol – Mistura C.

5.2.1.1 - Ensaio Marshall

O Ensaio Marshall foi feito através de quatro fases, a saber:

a) Fase 01

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 de fileres como alternativo no concreto asfáltico. Para tanto foram confeccionados 45 corpos de provas sem imersão, sendo 15 para cada filer analisado (cal, cimento e resíduo do granito) e 3 para cada teor de cimento asfáltico. Trabalhou-se com 45% de agregado graúdo, 50% de agregado miúdo e 5% de filer.

b) Fase 02

Nesta etapa inicia-se uma bateria de ensaios que forneceram subsídios para análise do comportamento dos fileres, para tanto, foram confeccionados 150 corpos de provas sem imersão rompidos no aparelho Marshall, sendo 50 para cada filer analisado (cal, cimento e resíduo do granito) e 10 para cada teor de cimento asfáltico. Trabalhou-se com 45% de agregado graúdo, 50% de agregado miúdo e 5% de filer.

c) Fase 03

Na tentativa de entender o comportamento da mistura asfáltica com a variabilidade do teor de filer, foram confeccionados 45 corpos de provas sem imersão, 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 filer resíduo.

d) Fase 04

Nesta fase foram feitos 100 corpos de provas com 6% de filer (melhor comportamento na fase três), para atender as seguintes etapas:

Primeira Etapa – Teor de Filer resíduo do granito 6%, 75 golpes, sem imersão dos corpos de prova;

Segunda Etapa – Teor de Filer resíduo do granito 6%, 75 golpes, com imersão dos corpos de prova;

Terceira Etapa – Teor de filer resíduo do granito 6%, 50 golpes, sem imersão dos corpos de prova;

Quarta Etapa – Teor de Filer resíduo do granito 6%, 50 golpes, com imersão dos corpos de prova.

5.2.1.2 - Variabilidade do Teor de Fileres e seus Efeitos

Na tentativa de entender o comportamento da mistura asfáltica e a interação do teor de fileres com o CAP, foram realizadas ensaios de Viscosidade Saybolt Furol e Penetração com variação do teor de fileres em relação ao volume da amostra ensaiada (CAP+ Cal, CAP + Cimento Portland e CAP + Resíduo).

a) Ensaio de Penetração

Os ensaios de Penetração foram realizados segundo as etapas: Primeira Etapa - Penetração do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP); Segunda Etapa – Penetração da mistura de CAP + Cal, variando o teor de CAP em 10%, 20%, 30%, 40% e 50% de acordo com o volume das cápsulas; Terceira Etapa – Penetração da mistura de CAP + Cimento, variando o teor de CAP em 10%, 20%, 30%, 40% e 50% de acordo com o volume das cápsulas; Quarta Etapa – Penetração da mistura de CAP + Resíduo, variando o teor de CAP em 10%, 20%, 30%, 40% e 50% de acordo com o volume das cápsulas.

b) Ensaio de Viscosidade Saybolt Furol

Os ensaios de Viscosidade foram realizados a partir das seguintes etapas: Primeira Etapa – Realização da viscosidade do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), tirando-se a média dos 2 bulbos do viscosímetro em segundos; Segunda Etapa – Realização da viscosidade da mistura de CAP + Cal, variando o teor de CAP em 10%, 15%, 20% e 25% e tirando-se a média dos 2 bulbos do viscosímetro em segundos; Terceira Etapa – Realização da viscosidade da mistura de CAP + Cimento, variando o teor de CAP em 10%, 15%, 20%, e 25% e tirando-se a média dos 2 bulbos do viscosímetro em segundos; Quarta Etapa – Realização da viscosidade da mistura de CAP + Resíduo, variando o teor de CAP em 10%, 15%, 20%, 25%, 30% e 40% e tirando a média dos 2 bulbos do viscosímetro em segundos.

6.0 - RESULTADOS

Nas Tabelas 04 e 05 estão inseridos dados característicos para classificação dos materiais utilizados na pesquisa segundo procedimentos normalizados.

Tabela 04 – Massa Específica dos materiais utilizados na pesquisa

MATERIAIS	Brita	Areia	Cimento	Cal	Resíduo	CAP
Massa Específica (g/cm ³)	2,705	2,610	3,08	2,45	2,69	1,02

Tabela 05 – Ensaaios de caracterização do ligante

ENSAIOS	VALOR
Penetração (100g, 5s à 25 ^o C)	58
Ponto de Fulgor (^o C, min)	295
Densidade	1,020 g/cm ³
Viscosidade Saybolt Furol (135 ^o C, s)	320

A Figura 05 ilustra a distribuição dos tamanhos dos grãos dos fileres utilizados como material de enchimentos do concreto betuminoso.

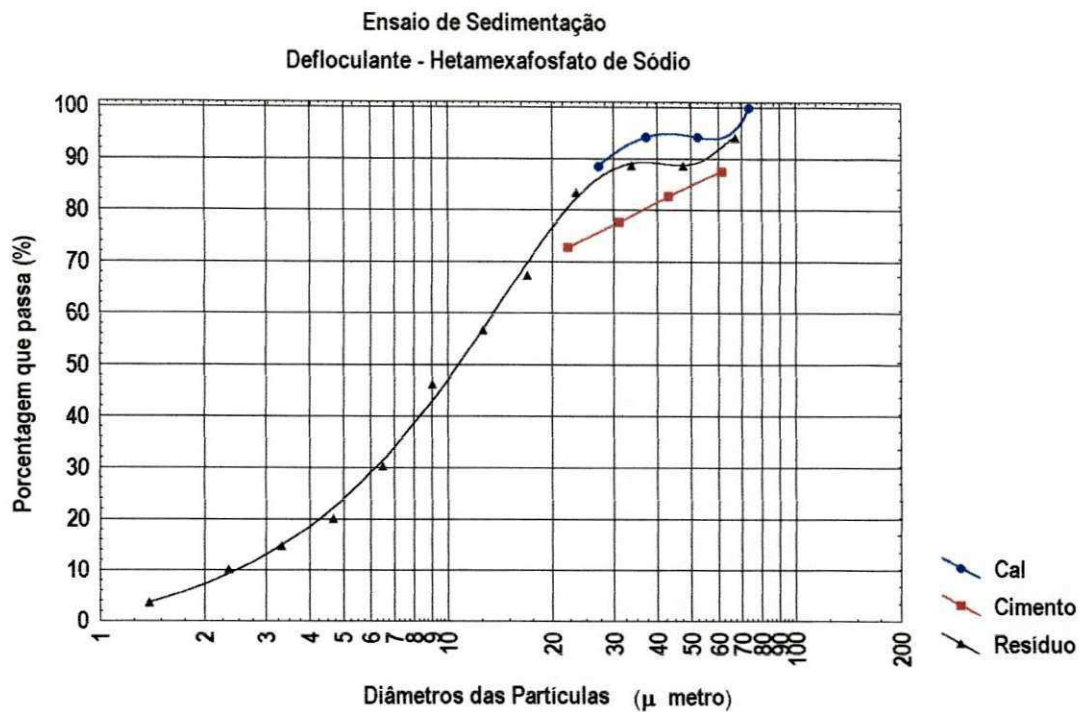


Figura 05 - Distribuição dos Tamanhos de Grãos - Ensaio de Sedimentação

A mistura dos agregados apresentou uma distribuição dos tamanhos dos grãos que se enquadra entre os limites de domínio da Faixa "C" do DNER (Tabela 06).

Tabela 06 - Distribuição dos Tamanhos dos Grãos dos Agregados, Fileres e Limites Percentuais da Faixa "C" do DNER

Peneiras (mm)	PORCENTAGEM PASSANDO								
	Brita		Areia		Filer		Combin. Result.	Especificação	
	Total	45%	Total	50%	Total	5%		Pt. Med.	Limites
38,100	100,0	45,0	100,0	50,0	100,0	5,0	100,0	100,0	100,0
25,400	100,0	45,0	100,0	50,0	100,0	5,0	100,0	100,0	100,0
19,100	98,7	44,5	100,0	50,0	100,0	5,0	99,4	100,0	100,0
12,700	74,0	33,3	100,0	50,0	100,0	5,0	88,3	92,5	85-100
9,520	54,3	24,4	99,7	49,8	100,0	5,0	79,2	87,5	75-100
4,750	8,8	3,9	97,3	48,6	100,0	5,0	57,5	67,5	50-85
2,000	2,6	1,2	89,0	44,5	100,0	5,0	50,7	52,5	30-75
0,420	0,6	0,3	27,8	13,9	100,0	5,0	19,2	27,5	15-40
0,180	0,5	0,2	6,0	3,0	100,0	5,0	8,2	19	8-30
0,075	0,3	0,1	2,3	1,2	100,0	5,0	6,3	7,5	5-10

As Figuras 06, 07, 08, 09 e 10 ilustram os resultados, obtidos a partir do procedimento Marshall de dosagem de concreto betuminoso, para distintas fases da pesquisa.

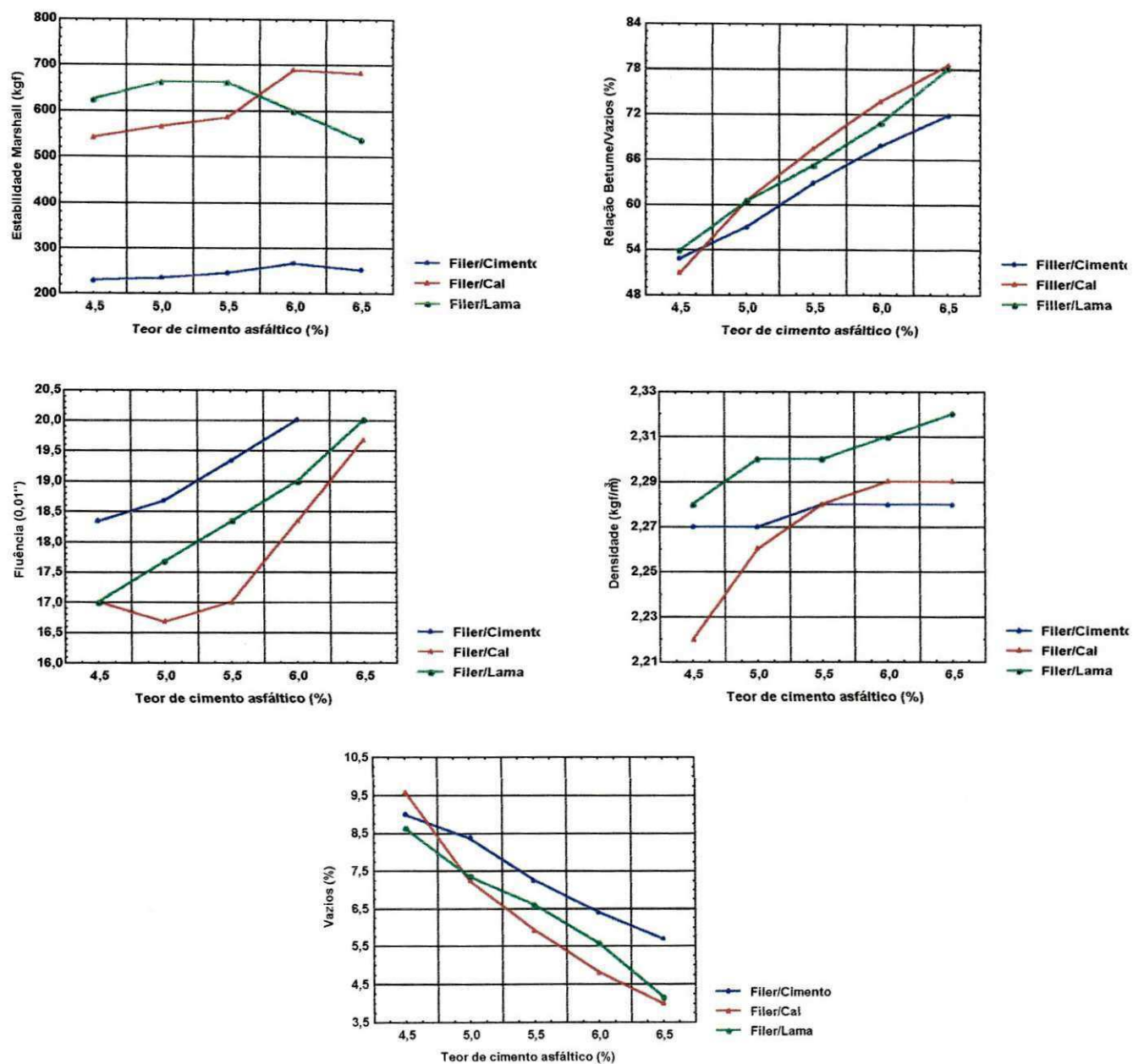


Figura 06 - Resultados de ensaios Marshall realizados com corpos-de-prova confeccionados com fileres (cimento portland, cal e resíduo) (Fase01).

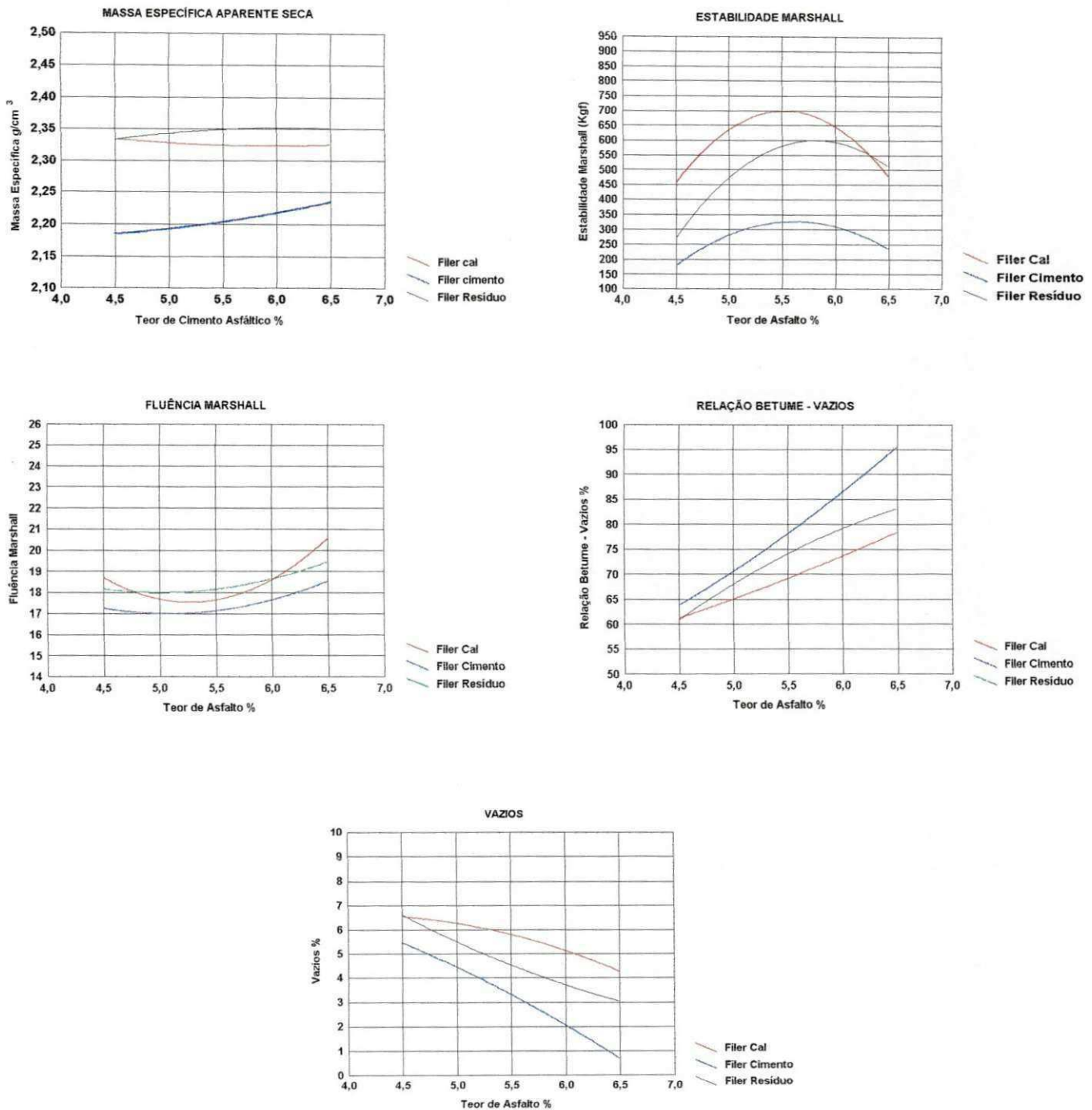


Figura 07 - Resultados de ensaios Marshall realizados com corpos-de-prova confeccionados com fileres (cimento portland, cal e residuo) (Fase 02).

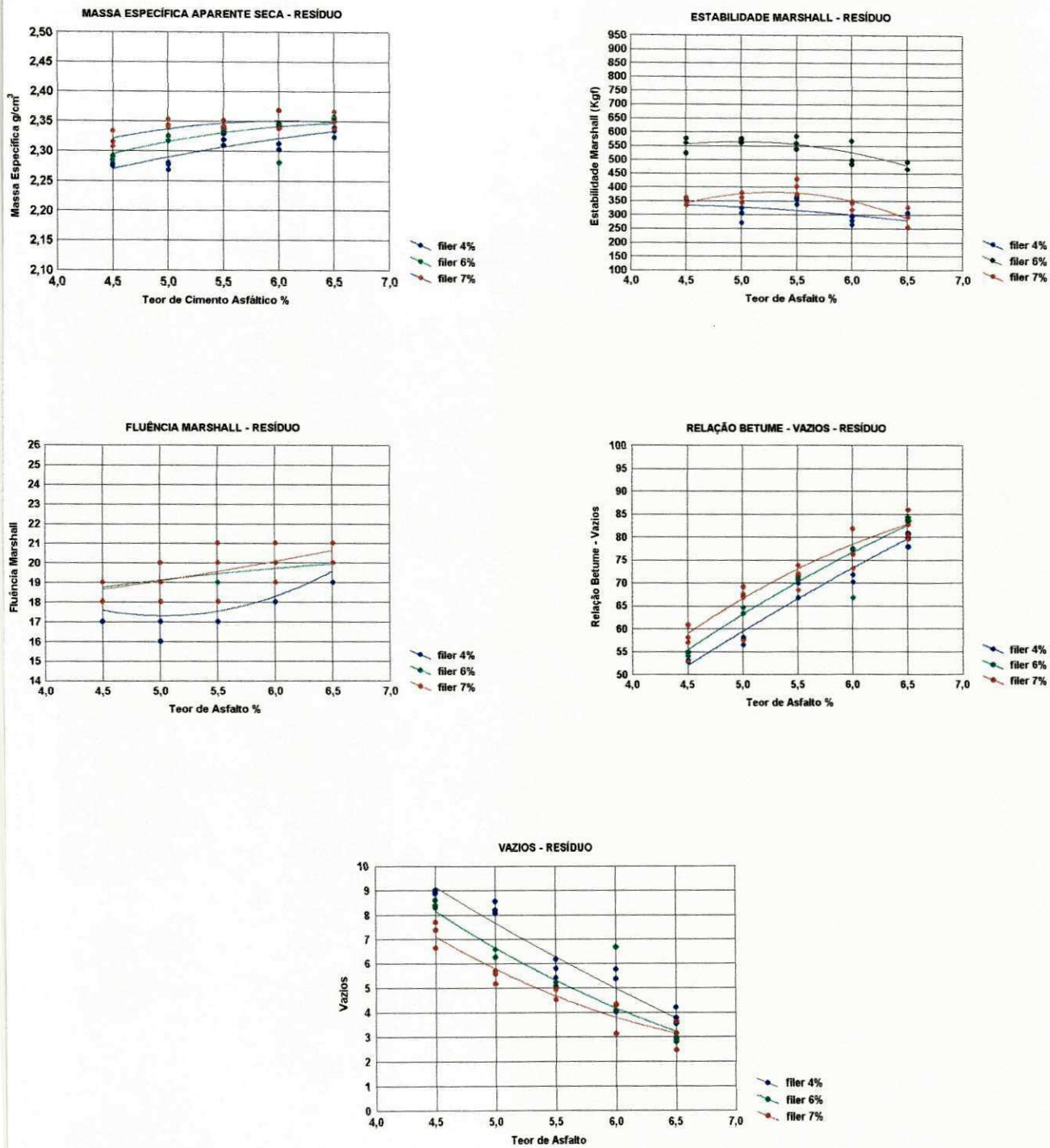


Figura 08 - Resultados de ensaios Marshall realizados com corpos-de-prova confeccionados com filer resíduo do granito. (Fase 03)

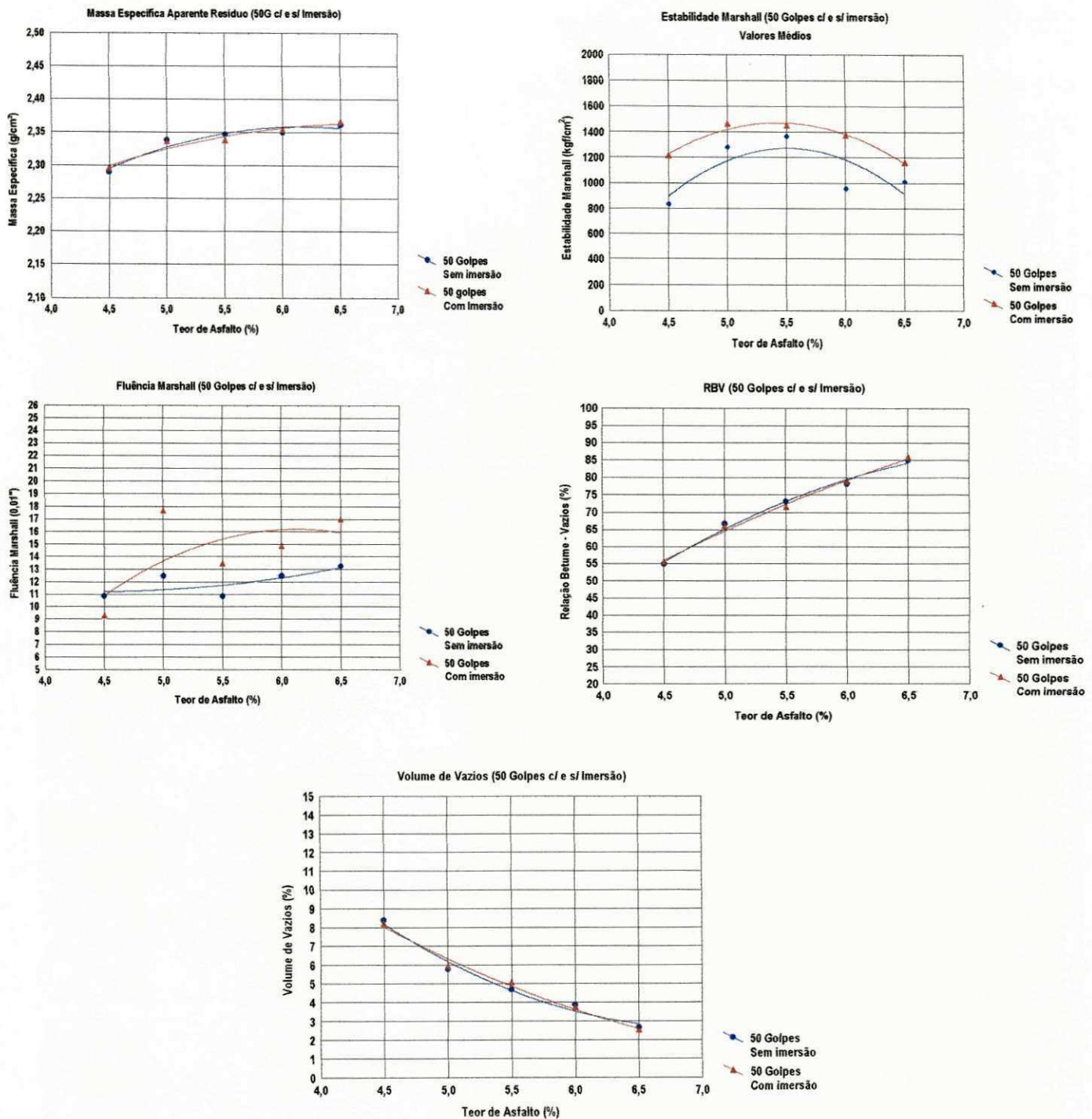


Figura 09 - Resultados de ensaios Marshall realizados com corpos-de-prova confeccionados com filler resíduo do granito para 75 golpes sem e com imersão. (Fase 04)

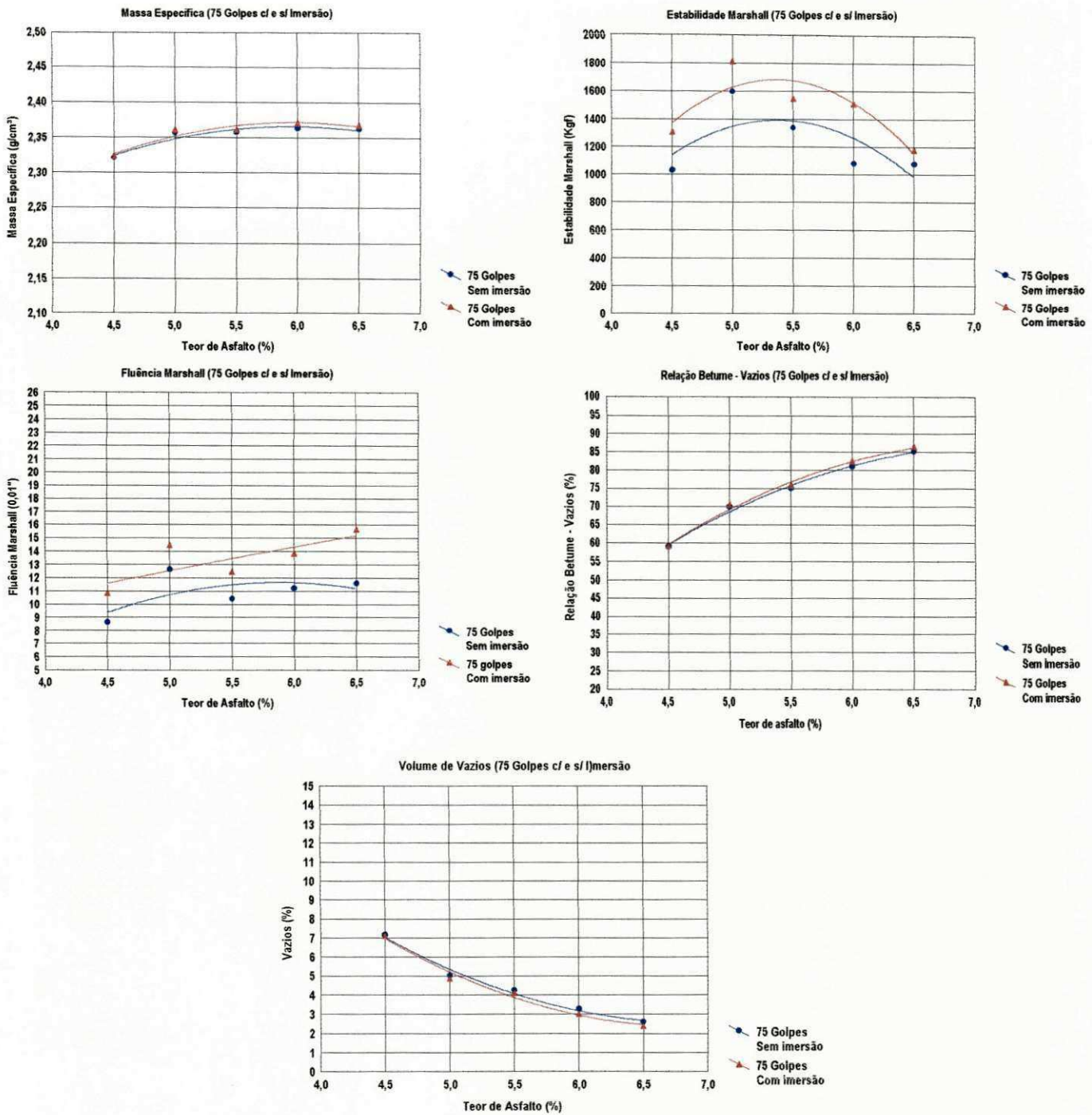


Figura 10 - Resultados de ensaios Marshall realizados com corpos-de-prova confeccionados com filer resíduo do granito para 75 golpes sem e com imersão. (Fase 04)

A Figura 11 ilustra os resultados, obtidos a partir do ensaio de penetração.

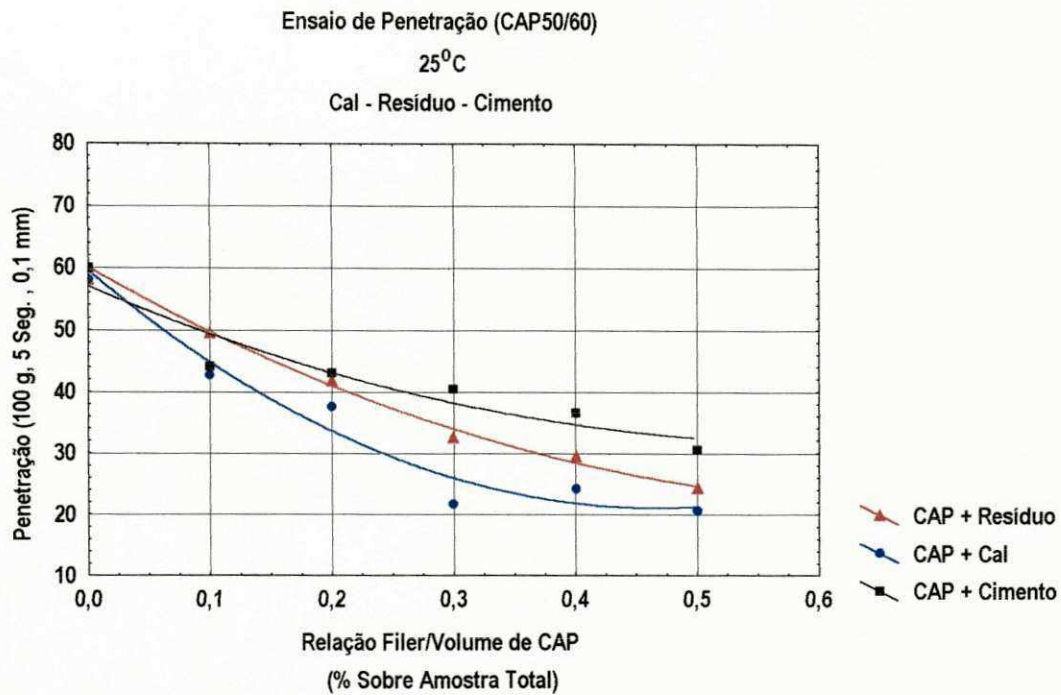


Figura 11 - Valores de Penetração para mistura CAP50/60 com os fileres CAL, Cimento Portland e Resíduo em função do incremento da relação Filer/CAP50/60 sobre amostra total do ensaio

A Figura 12 ilustra os resultados, obtidos a partir do ensaio de viscosidade Saybolt Furol.

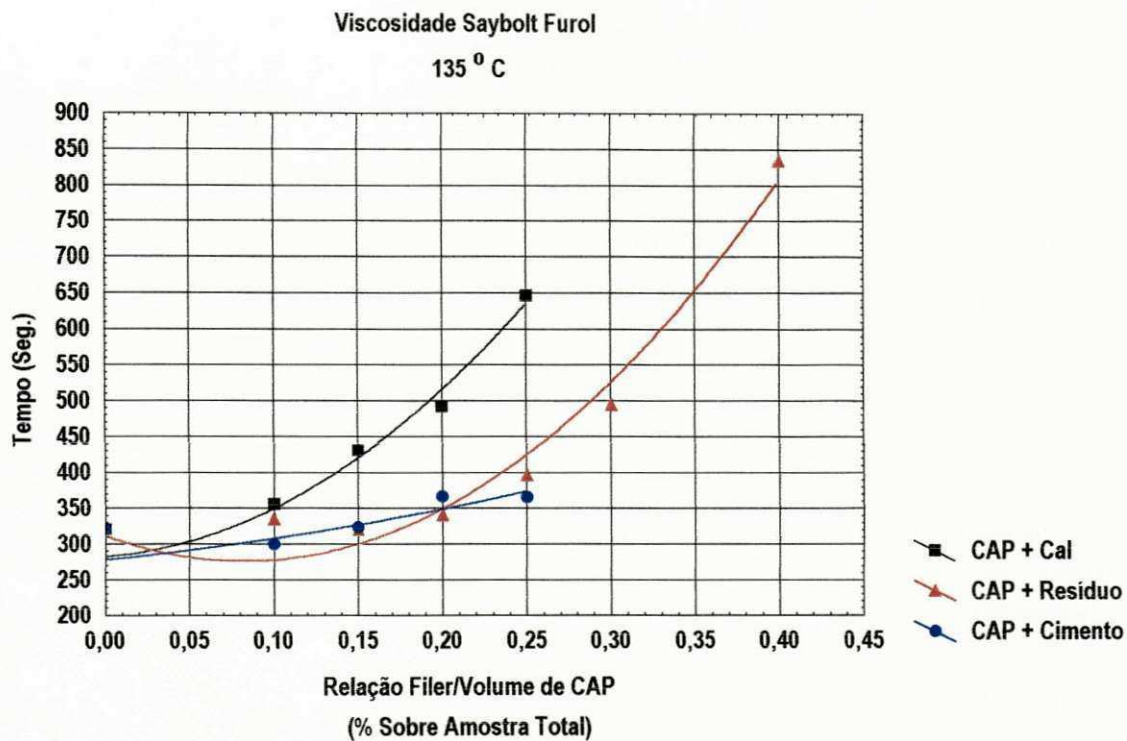


Figura 12 - Valores de Viscosidade Saybolt Furol para o CAP50/60 com os fileres Cal, Cimento Portland e Residuo em fun o do incremento da rela o Filer/CAP50/60 sobre amostra total do ensaio.

7.0 - CONCLUSÃO

Após ter vivenciado uma experiência de 5 meses de estágio, digo e afirmo que é possível adquirir o conhecimento prático no decorrer de algumas atividades em misturas asfálticas ou em outras atividades desempenhadas com relação à engenharia civil, só basta o interesse do estagiário e do supervisor para que o aprendizado seja realizado com sucesso, porém o embasamento teórico é totalmente indispensável e ilimitado pelo fato da ciência estar continuamente progredindo e sabermos realmente o porque daquilo que está sendo feito.

O estágio permite ao futuro profissional a vivência na sua área de atuação, objetivando a união da teoria à prática, no que facilita o desenvolvimento de senso crítico necessário ao bom desempenho da profissão, visando sempre uma boa produtividade.

A convivência diária no ambiente de trabalho possibilita ao estudante por em prática as informações adquiridas durante o curso. Dessa forma, a execução de um estágio torna-se uma grande fonte de conhecimentos, além de mostrar a importância do trabalho em equipe e de cooperação multidisciplinar tão necessária e fundamental em qualquer trabalho de engenharia.

O Engenheiro Civil deve ser um eterno estudante de engenharia, porque os princípios teóricos a cada momento estão mais aprofundados necessitando de uma contínua atualização do profissional, com isso devemos comprar livros e se aperfeiçoar cada vez mais.

Espero que os novos engenheiros tenham a dedicação de elevar a qualidade da Engenharia Civil no geral, e que procedimentos inadequados devam ser evitados para que haja o engrandecimento das técnicas e conceitos no que diz respeito à perfeição. Somos capazes

8.0 - BIBLIOGRAFIA

- ✓ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1971), ABNT/IBP P-MB- 517 – Determinação da Viscosidade Saybolt-Furol de Materiais Betuminosos a Alta Temperatura
- ✓ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2000), ABNT NBR-6590 –Materiais betuminosos – Determinação do ponto de amolecimento – Método do anel e bola
- ✓ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993), ABNT NBR – 12891- Dosagem de misturas betuminosas pelo método Marshall
- ✓ DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADA DE RODAGEM (1999), DNER – ME 003/99 – Material betuminoso – determinação da penetração.
- ✓ DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADA DE RODAGEM (1995), DNER – ME 084/95 – Agregado miúdo – determinação de densidade real.
- ✓ FARIAS, Carlos Eugênio Gomes (1995). Mercado Nacional. Séries Estudos Econômicos Sobre Rochas, vol. 2, Fortaleza.
- ✓ MACÊDO, José Afonso Gonçalves (1989). Estudo Comparativo das Características físicas e Mecânicas de Agregados Graúdos Convencionais e não Convencionais Visando sua Aplicação em Concreto Betuminoso Usinado a Quente. Campina Grande, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Paraíba.
- ✓ 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, Seond 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 Filer 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 Stellin. (1995). A Industria de Rochas Extrativas de Rochas Ornamentais no Ceará - Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo.

9.0 - AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, por ter me dado a oportunidade de cursar e terminar um curso tão maravilhoso como este, e aos meus pais e meus irmãos que tanto me deram apoio nos momentos mais difíceis que passei em minha vida, principalmente na Universidade.

Agradeço ao meu amigo e supervisor professor Dr. John Kennedy Guedes Rodrigues, por ter sido meu professor de pesquisa e ter-me passado vários conhecimentos sobre o estágio. Ao Prof. Ailton Alves Diniz por ter me orientado nas realizações dos ensaios. Agradeço ao engenheiro civil Francisco Célio, por ter me acompanhado e ajudado nas horas mais difíceis até o final deste. Aos funcionários do Departamento, Josenira, Rui e Nivaldo Sobreira, Marcos e seu Chiquinho.

Agradeço a ATECEL - Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior, UFCG - Universidade Federal de Campina Grande e a POLYGRAM S. A. (Indústria de Beneficiamento de Mármore e Granitos).

Finalmente, agradeço a todos que contribuíram para realização deste trabalho.

