

Avaliação Química da Utilização de Aditivos no Processo de Pavimento Asfáltico

Catarina Magnani Moreira Saint Martin

Bolsista de Iniciação Científica, Engenharia Química, UERJ

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Orientador, Profº Eng. Químico, D. Sc

Julio Cesar Guedes Correia

Co-orientador, Químico, D. Sc.

Resumo

Devido ao rápido crescimento da frota de veículos aliado a má conservação das rodovias no Brasil, é crescente a necessidade de sua reabilitação. No intuito de colaborar com sua melhora, buscou-se novas alternativas em estudos capazes de compreender o processo de interação entre os componentes do asfalto, ou seja, agregados minerais e cimento asfáltico de petróleo (CAP). Para realização deste trabalho, utilizou-se quatro agregados diferentes e um CAP. Analisou-se a interação ocorrida entre eles e em seguida a interação entre eles com a presença de uma substância considerada melhoradora da interação entre o CAP e o mineral, de maneira que foi possível observar qual CAP interage melhor com qual agregado e o quanto a substância melhoradora pode ajudar na interação. Foi constatado que os minerais feldspato e quartzo podem ser os responsáveis pela melhor adsorção com o CAP e também que a aplicação de aditivos na mistura asfáltica facilita o processo de interação físico-química e que ambos estão diretamente ligados com a resistência mecânica do pavimento.

1. Introdução

1.1 – Pavimento Asfáltico

O pavimento asfáltico é formado pela mistura entre um conjunto de agregados minerais, com granulações pré-definidas, e um ligante, chamado de cimento asfáltico de petróleo (CAP). O pavimento tem a função de suportar o peso do tráfego e fornecer aos usuários segurança, conforto e economia. Em um pavimento asfáltico, os agregados minerais constituem entre 94 e 95%, em peso, da mistura e o CAP corresponde entre 5 - 6%, sendo este responsável pela agregação dos minerais. Em algumas situações, alguns aditivos são utilizados, a fim de facilitar o processo de interação (Curtis, 1999).

1.2 - Agregados minerais

Os agregados minerais correspondem a um conjunto de rochas (pedras britadas), em diferentes frações granulométricas que, segundo o DNIT (Departamento Nacional de Infra-estrutura e Transporte), constituem um dos principais componentes da pavimentação rodoviária, tendo como principais finalidades manter a estabilidade mecânica dos revestimentos, suportar o peso do tráfego e, ao mesmo tempo, transmiti-lo às camadas inferiores com uma pressão unitária reduzida. Dentre inúmeras rochas encontradas no Brasil, as basálticas, as graníticas, as gnáissicas e os calcários são as mais utilizadas no processo de pavimentação (Ribeiro, 2006).

O basalto é uma rocha magmática extrusiva, de cor escura, gerado pelo resfriamento da lava vulcânica que chega à superfície durante a erupção. Em geral, é constituído por minerais do tipo piroxenos (augita, labradorita, olivina), feldspatos básicos e quando o resfriamento se passa de maneira brusca, observa-se a presença de quartzo (Dana,1970 e Deer *et al.*,1966).

O gnaiss é uma rocha de origem metamórfica, resultante da deformação de sedimentos graníticos, caracterizada pela presença de quartzo, mica e feldspatos, além de outros minerais acessórios (Dana, 1970).

O granito é uma rocha ígnea, de grão grosseiro (porfiróide), composto essencialmente por quartzo e feldspato potássico, tendo como minerais acessórios freqüentes biotita, moscovita ou flogopita, todas pertencentes ao grupo das micas (Dana,1970 e Deer *et al.*,1966).

Os calcários são rochas sedimentares constituídas por carbonatos de cálcio e/ou magnésio. Quando o carbonato predominante é o de magnésio, a rocha é denominada calcário dolomítico (figura 1.2) e quando o cálcio é predominante, a mesma é denominada calcário calcítico (figura 1.1) (Dana,1970 e Deer *et al.*,1966).

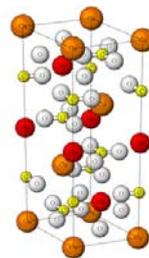
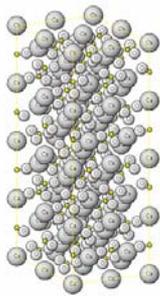


Figura 1.1 : Estrutura da Calcita.

Figura 1.2.: Estrutura da Dolomita

Em relação aos principais minerais que constituem o basalto, o granito e o gnaiss, pode-se verificar que os feldspatos (figura 1.3) se apresentam nas três rochas; o quartzo (figura 1.4) apresenta-se em maior proporção no granito e gnaiss e as micas são observadas apenas no granito e gnaiss (Dana,1970 e Deer *et al.*,1966).

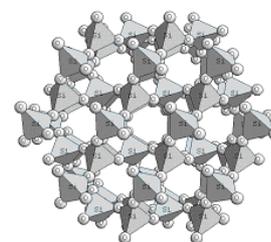
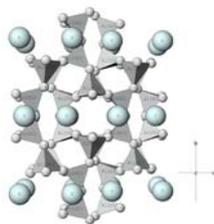


Figura 1.3 : Estrutura cristalina do Ortoclásio ou Microclínio

Figura 1.4 : Estrutura Cristalina do Quartzo

1.3 - CAP

O CAP é definido pelo Departamento Nacional de Combustíveis (DNC), como um líquido extremamente viscoso, semi-sólido ou sólido a temperatura ambiente, que apresenta comportamento termoplástico. O processo básico para produção do CAP é a destilação, que pode ocorrer em um único estágio ou em dois, dependendo do petróleo processado. O CAP é um sistema coloidal constituído por duas fases distintas : os maltenos, em maior quantidade, e os asfaltenos (Jada e Salou, 2002).

1.3.1 - Asfaltenos

Os asfaltenos são compostos de alto peso molecular que formam a fração mais pesada do CAP, porém, geralmente, aparecem em menor proporção, com características macromoleculares, são classificados por apresentar um grande núcleo poliaromático condensado, cercados por cadeias cíclicas e sustentando substituintes alquílicos e hidroaromáticos contendo heteroátomos, são solúveis em benzeno ou tolueno. Sua estrutura hipotética sempre apresenta moléculas extremamente complexas, como se pode verificar na figura 1.5 (Goodrich, 1986 e Gonzáles e Middea, 1987).



Figura 1.5 : Estrutura Hipotética de um Asfaleno.

1.3.2 – Maltenos

Os maltenos formam um grupo de compostos de alto peso molecular, que correspondem ao maior percentual na composição dos cimentos asfálticos de petróleo, ou constituídos de 80 – 95% de carbono e hidrogênio. Enxofre, oxigênio e metais normalmente se apresentam na estrutura. São semilíquidos ou quase sólidos a temperatura ambiente (Gonzáles e Middea, 1987).

1.4 - Situação do Pavimento Asfáltico no Brasil.

A idade avançada da maior parte das rodovias brasileiras em conjunto com o constante aumento de solicitações impostas aos pavimentos, seja pelo crescimento do número de veículos da frota nacional e/ou pelo excesso de peso por eixo, têm levado a um processo de deterioração acelerado de nossos pavimentos (Bonfim, 2001).

Atualmente, os órgãos responsáveis pelo gerenciamento das rodovias em nosso país se defrontam com um grave problema: a restauração de suas rodovias. Faz-se necessária uma análise das causas que levaram os nossos pavimentos a situação vergonhosa em que eles se encontram (Souza *et. al.*;1988). Muito se tem estudado a respeito do processo de pavimentação, principalmente, levando-se em consideração as normas estabelecidas pelo *Strategic Highway Program* (SHRP), que se preocupam apenas com os aspectos físicos e não com os fenômenos químicos, existentes no processo de pavimentação asfáltica (Ribeiro, 2006)

Por meio do estudo realizado por Ribeiro (2006), pôde-se relacionar o processo de adsorção entre diferentes CAPs e diferentes agregados minerais com a resistência mecânica da mistura asfáltica e verificou-se um maior desempenho de adsorção por parte dos asfaltenos na superfície dos minerais.

1.6 – Interação Asfalto/Brita

A interação entre o CAP e agregados minerais na formação da mistura asfáltica é um fenômeno complexo, pois o CAP é constituído por uma mistura de hidrocarbonetos, contendo alguns grupos polares além de compostos organometálicos contendo níquel, vanádio e ferro. Já o agregado apresenta uma superfície muito heterogênea, apresentando diferentes sítios de ligação e diferentes distribuições de cargas. Frequentemente, esses sítios carregados atraem e orientam os constituintes polares dos asfaltenos (SHRP, 1993).

1.7 – Aditivos

Um fator que afeta a interação CAP/Brita é a tensão interfacial entre eles que pode ser extremamente alta, impedindo o processo de interação. Dessa forma, alguns aditivos podem ser adicionados à mistura, reduzindo a tensão superficial e facilitando o maior contato entre o agregado e o CAP. O número de sítios ativos dos agregados pode ser aumentado ou mais ativado pela adição de cátions ou substâncias polares como o óxido de cálcio (CaO) (SHRP, 1993).

2. Objetivo

Baseado nos fatos relatados anteriormente, o principal objetivo deste trabalho é verificar como o processo de interação química entre diferentes agregados minerais, e um CAP, na ausência e presença de aditivos afetam o comportamento da resistência mecânica da mistura asfáltica.

3. Experimental

3.1 – Origem dos agregados

Foram utilizados quatro agregados diferentes: um basalto proveniente de São Paulo, um granito proveniente da Bahia, um gnaisse proveniente do Rio de Janeiro e um calcário proveniente do Ceará.

3.2 - Origem do CAP

Utilizou-se um CAP, previamente caracterizado pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello (CENPES), aqui chamado de CAP A.

3.3 – Aditivo

Para realização deste trabalho foi utilizado como aditivo o óxido de cálcio (CaO) da empresa VETEC.

3.4 – Ensaio de adsorção

Nos ensaios de adsorção pesou-se 0,5 g de agregado mineral, britado e peneirado, respeitando-se as normas de dosagem *Marshall* estabelecidas pelo DNER (DNER ME 043/95), sendo colocados em 10 tubos de centrífuga. A cada tubo adicionou-se 25 mL de uma solução de concentração específica, sendo elas: 0,0005

mg/L; 0,001 mg/L; 0,0015 mg/L; 0,0025 mg/L; 0,005 mg/L; 0,0075 mg/L; 0,01 mg/L; 0,0125 mg/L; 0,015 mg/L; e 0.02 mg/L. A seguir os tubos foram colocados em mesa agitadora durante quatro horas. Após esse período o material foi centrifugado durante 20 minutos em centrífuga a 300 r.p.m. Cada material sobrenadante foi analisado em espectrofotômetro de Ultravioleta- visível (UV), em comprimento de onda fixo em 402 nm (Gonzáles e Middea, 1987). Em seguida este processo foi repetido adicionando-se 0,1 g de CaO e utilizando-se 0,4g de agregado. Com isso, pôde-se obter os valores de absorvância após a adsorção com os agregados e após o acréscimo do aditivo.

3.5 – Resistência Mecânica (LOTTMAN)

Para avaliação da resistência mecânica utilizou-se os 3 corpos de prova pré-confeccionados. O primeiro corpo de prova foi avaliado quanto à resistência à tração por compressão diametral sem nenhum tipo de condicionamento. Os outros dois foram sujeitos a um processo de condicionamento especificado no método AASHTO T 283/89, simulando a ação do intemperismo nos corpos de prova, como descrito a seguir: Submeteu-se os corpos de prova imerso em água, a uma pressão de vácuo de 25,4 cm a 66 cm de coluna de mercúrio por um período de cinco a dez minutos, para aumento do grau de saturação. O corpo de prova saturado foi revestido com filme plástico e colocado em sacos plásticos contendo aproximadamente 10 mL de água.

As amostras foram resfriadas à temperatura de $-18 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 16 horas. Em seguida, as amostras foram retiradas da refrigeração, sendo uma analisada imediatamente quanto a resistência à tração por compressão diametral. A outra amostra, após o período de congelamento, foi imersa em banho à temperatura de $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Posteriormente, a amostra foi removida para outro banho com temperatura de $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por um período de 2 ± 1 hora e então submetida, posteriormente, ao ensaio de resistência à tração por compressão diametral. O resultado do ensaio é obtido em percentual, sendo reportado pela relação entre a média dos valores de resistência à tração dos corpos de prova submetidos previamente ao condicionamento (RC) e a resistência dos corpos de prova sem condicionamento (RSC).

4. Resultados e Discussões

4.1 – Adsorção

A figura 4.1 apresenta os resultados de adsorção do CAP na superfície dos agregados.

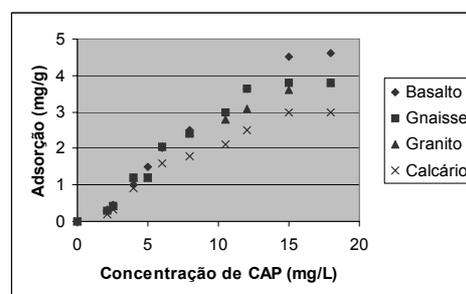


Figura 4.1- Adsorção versus concentração de CAP nas superfícies dos agregados minerais.

Pode-se verificar que o basalto apresentou maiores valores de adsorção (em torno de 4,6 mg/g) enquanto que o granito e o gnaissse apresentaram valores similares (aproximadamente 3,8 mg/g). Já o calcário apresentou os menores resultados de adsorção, chegando a valores máximos em torno de 3,0 mg/g. Tal fato pode estar relacionado com a composição mineralógica similar dos agregados que apresentam feldspato e quartzo, como basalto, gnaissse e granito que apresentarão elementos polarizantes como o alumínio, por exemplo, capaz de melhor interagir com o CAP.

Na figura 4.2 observa-se os resultados de adsorção do CAP na superfície dos agregados em presença de CaO. Pode-se verificar um incremento em todos os valores de adsorção na superfície dos agregados, pois, possivelmente, o oxigênio da estrutura do aditivo CaO, por apresentar 3 pares de elétrons livres, pode ser capaz de favorecer o processo de interação π - π com os anéis aromáticos presentes na estrutura dos asfaltenos do CAP.

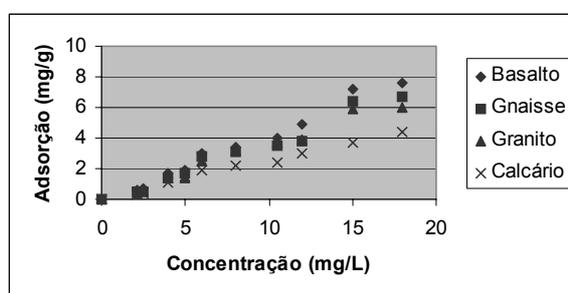


Figura 4.2 – Adsorção *versus* concentração de CAP nas superfícies dos agregados minerais em presença de CaO.

4.2 – Resistência Mecânica (LOTTMAN)

A tabela 4.1 apresenta os resultados de resistência mecânica das misturas asfálticas formadas com os agregados minerais em estudo e o CAP, em presença e ausência de CaO.

Tabela 4.1: Valores da razão de resistência mecânica dos pavimentos

Agregados Minerais	Ausente de CaO	Em presença de CaO
Basalto	104,64	132,72
Gnaissse	98,7	104,34
Granito	99,9	108,74
Calcário	60,32	82,47

Segundo especificações do DNIT, os valores ideais de razão de resistência para um pavimento ser utilizado em vias públicas devem ser superiores a 80%. Com isso, verifica-se que sem o aditivo CaO, a única mistura asfáltica não recomendada seria a que utilizava o calcário como agregado. Tal fato, corrobora os resultados físico-químicos de adsorção, que já indicavam tais agregados como os de melhores desempenhos. Analisando-

se as estruturas dos referidos agregados, observa-se que a presença dos minerais, feldspato e quartzo, em suas estruturas podem ser os responsáveis pela melhor adsorção com o CAP. Após a adição de CaO, verifica-se um incremento da resistência mecânica de todas as misturas asfálticas, incluindo a que utilizou o calcário como agregado. Isto foi possível, pois houve uma melhor interação físico-química entre os agregados e o CAP, como já indicado nos resultados da figura 4.2. Dessa forma, verifica-se a importância da interação físico-química na resistência mecânica do pavimento asfáltico.

5. Conclusões

Pôde-se concluir que os minerais feldspato e quartzo, presentes nas estruturas do basalto, gnaisse e granito podem ser os responsáveis pela melhor adsorção com o CAP, e que tal processo de interação está diretamente ligado com a resistência mecânica do pavimento. Pôde-se verificar também que a aplicação de aditivos na mistura asfáltica facilita o processo de interação físico-química e que tal processo será refletido novamente na resistência mecânica da mistura asfáltica. Com isso, pode-se concluir de uma forma mais geral, que o processo de interação físico-químico tem uma relação direta com a resistência mecânica do pavimento.

6. Referências Bibliográficas

- BONFIM, V., "Fresagem de Pavimentos Asfálticos". 2ª ed., São Paulo : Fazendo Arte Editorial, 2001.
- CURTIS, C. W., "Investigation of Asphalt-Aggregate Interactions in Asphalt Pavements", Chemical Eng Dept, Auburn University, 1999.
- DANA, J. D., *Manual de Mineralogia*, São Paulo: EDUSP, vols. 1 e 2, 1970.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. e ZUSSMAN, J., "Minerais Constituintes das Rochas – Uma Introdução". Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1966.
- GONZÁLES, G e MIDDEA, A. "Efeito de Resinas e Asfaltenos sobre as Propriedades Superficiais de Partículas de Quartzo, Feldspato e Calcita", Comunicação Técnica SECRES-023/87, PETROBRAS, Rio de Janeiro, Novembro, 1987.
- GOODRICH, J. L., "Asphalt composition tests: their application and relation to field performance", *Annual Meeting of Transport Research Board*, vol. 65, 1986.
- JADA, A e SALOU, M., "Effects of the asphaltene and resin contents of the bitumens on the water-bitumen interface properties", *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2002, pp. 185-193.
- RIBEIRO, R. C. C., CORREIA, J. C. G., MENDES, L. F., CAMPOS, A. R. e SEIDL, P. R., Uses of granite fines in asphalt production: a form of clean technology, Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology, REWAS 2004, Vol 1, Madri, Espanha, 2004.
- SOUZA, G. D., JATOBÁ L. L. B., LYRA, M. P., "Restauração X Conservação". in : *23ª Reunião Anual de Pavimentação*, Vol..3, Florianópolis, SC, Brasil, 1988, pp. 1331-1362.