

ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE PNEUS EM UM CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO (CAP 50-70) ATRAVÉS DE ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

Camila de Castro Nicácio¹

Enio Fernandes Amorim²

RESUMO: Este trabalho analisa as principais propriedades físicas do cimento asfáltico de petróleo, CAP 50-70 convencional, e de outros CAP modificados a partir da incorporação de restos de pneus inservíveis. Para tanto, foram utilizados os percentuais de 10,15 e 25% de borracha incorporada ao CAP 50-70 convencional. São mostrados os resultados de ensaios realizados no laboratório da Secretaria de Estado de Infraestrutura (Sinfra), situado em Cuiabá-MT, onde foram realizados os ensaios de penetração, pontos de fulgor e de amolecimento, adesividade a ligante betuminoso e viscosidade Saybolt-Furol. Por fim, é feita uma análise dos resultados encontrados.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimentação, asfalto-borracha, pneus inservíveis.

ABSTRACT: This paper presents an evaluation of the main physical properties of asphalt cement oil, conventional IC 50-70, and other CAPs modified through the incorporation of waste tires, where, we used the percentages of 10, 15 and 25% rubber incorporated into CAP 50-70 conventional. During the study, are shown the results of laboratory tests performed in the State Department of Infrastructure (Sinfra) located in the city of Cuiabá, Mato Grosso, which were performed penetration tests, flash point, point softening, adhesion to asphalt binder and viscosity Saybolt-Furol. Finally, an analysis is made on the results, and shown a conclusion to this workaround in the area of pavement.

KEYWORDS: Paving, asphalt-rubber, tires.

¹ Tecnóloga em Controle de Obras, pelo IFMT – Campus Cuiabá. E-mail: camila_nicacio@hotmail.com.

² Mestre em Geotecnia, pela Universidade de Brasília (UnB); professor do Deptº de Construção Civil do IFMT – Campus Cuiabá. E-mail: enio.amorim@cba.ifmt.edu.br.

INTRODUÇÃO

A utilização da borracha de pneus inservíveis em obras de pavimentação tem proporcionado alguns estudos com o objetivo de contribuir para as possíveis vantagens do uso destes, seja na incorporação ao cimento asfáltico de petróleo (CAP), seja na substituição do agregado, de forma a colaborar com a preservação do meio ambiente, bem como no desenvolvimento de novos tipos de asfaltos, com características físicas e mecânicas semelhantes ou melhores que os asfaltos convencionais.

Para fazer a comparação das características físicas entre o CAP 50-70 convencional e o CAP 50-70 modificado com borracha, é necessária a execução de ensaios de caracterização, os quais requerem equipamentos e mão de obra especializada. Dentre os principais métodos de ensaio para a caracterização de ligantes betuminosos, utilizados nas obras de pavimentação asfáltica, estão os ensaios de penetração, viscosidade, ponto de amolecimento, ponto de fulgor e adesividade.

Neste trabalho, são apresentados e discutidos os resultados dos ensaios de caracterização de cimentos asfálticos de petróleo, enfatizando as diferenças entre um CAP 50-70 e o mesmo CAP modificado com três porcentagens de borracha triturada (10, 15 e 20%), reciclada de pneus. Acredita-se que a incorporação da borracha ao ligante, apesar de trazer mudanças não muito significativas a algumas propriedades físicas, pode melhorar seu desempenho e sua durabilidade, em comparação com os asfaltos convencionais. Para este trabalho, foram realizados apenas ensaios de caracterização.

MATERIAIS E MÉTODOS

LIGANTE BETUMINOSO

O ligante betuminoso utilizado foi o CAP 50-70, gentilmente cedido pela empresa Centro-Oeste Asfaltos Ltda.

BORRACHA RECICLADA DE PNEUS

A borracha utilizada nesta pesquisa foi obtida através da trituração de pneus inservíveis pelo processo criogênico, ideal para a utilização nas obras de pavimentação por separar todos os seus componentes deixando-a livre da possibilidade de oxidação. A amostra ensaiada foi passada na peneira nº 30 para que pudesse ser incorporada ao CAP 50-70. As Figuras de 1 a 4 ilustram detalhes do procedimento de preparação da amostra de borracha.

Figura 1. Borracha triturada.

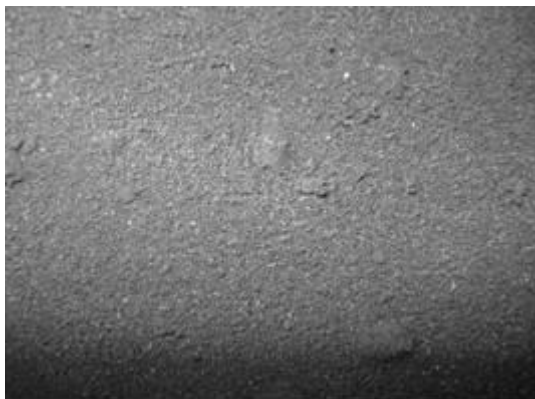


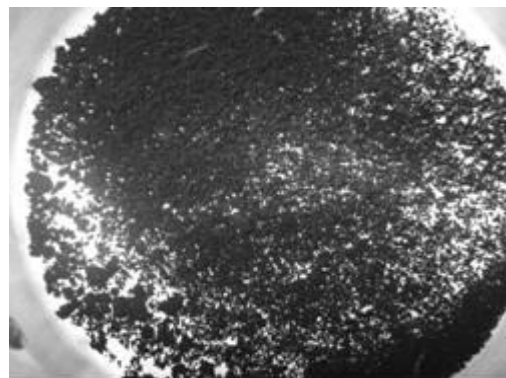
Figura 2. Peneira nº 30.



Figura 3. Borracha sendo peneirada.



Figura 4. Borracha retida na peneira nº 30.



CAP COM BORRACHA INCORPORADA

A incorporação da borracha foi realizada no laboratório da Secretaria de Estado de Infraestrutura (Sinfra), onde o CAP foi aquecido a uma temperatura de 170° C e a borracha foi misturada aos poucos nas proporções propostas para este trabalho: 10, 15 e 20%.

O processo de incorporação durou cerca de 1 hora para cada amostra, sempre com movimentos rotatórios para que a amostra ficasse com um aspecto bem homogêneo. As Figuras de 5 a 8 ilustram detalhes do processo de incorporação.

Figura 5. Recipiente com o CAP 50-70.



Figura 6. Borracha peneirada sendo pesada.



Figura 7. Controle de temperatura.



Figura 8. Incorporação da borracha ao CAP.



No processo da incorporação, utilizou-se um recipiente com a capacidade de, pelo menos, duas vezes o volume da mistura, pois, ao atingir uma temperatura de aproximadamente 150°C , o volume da amostra aumentou significativamente. Observou-se que, quanto maior foi a quantidade de borracha utilizada, maior foi esse aumento de volume. Para a realização dos ensaios de caracterização, foram preparadas três amostras de asfalto-borracha, com as porcentagens de 10%, 15% e 20% de borracha em massa com relação ao CAP 50-70.

É importante ressaltar que, ao serem submetidas à temperatura ambiente, após a incorporação, as amostras do asfalto-borracha adquirem textura com um aspecto rugoso, porém sem a existência de grânulos. Contudo, ao serem aquecidas novamente, voltam a ter uma textura menos áspera.

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Os ensaios de caracterização também foram executados no laboratório da Sinfra, onde se realizaram os ensaios tanto com o CAP 50-70 convencional, sem a adição de borracha, quanto com os asfaltos-borracha em estudo, no intuito de obtermos dados representativos para uma análise comparativa, posteriormente. Foram feitos os ensaios de ponto de amolecimento, penetração, viscosidade Saybolt-Furol, ponto de fulgor e adesividade.

Todos os ensaios foram realizados de acordo com os métodos da Secretaria de Serviços Públicos (SSP) da prefeitura de Recife-PE (2003a; 2003b; 2003c; 2003d; 2003e), tendo por base as normas da ABNT. A metodologia adotada para a realização dos ensaios seguiu os procedimentos das seguintes normas:

- ME-34 – Método de Ensaios – Determinação do Ponto de Amolecimento – Método do Anel e Bola (NBR-6560/00).
- ME-25 – Métodos de Ensaio – Ensaio de Penetração de Materiais Betuminosos (NBR-6576/07).
- ME-31 – Métodos de Ensaio – Determinação da Viscosidade Saybol-Furol de Materiais Betuminosos a Alta Temperatura (NBR-14950/03).
- ME-26 – Métodos de Ensaio – Determinação dos Pontos de Fulgor e de Combustão – Vaso Aberto de Cleveland (NBR-11341/04).
- ME-24 – Métodos de Ensaio – Adesividade de Agregado Graúdo ao Ligante Betuminoso (NBR-12583/92).

As Figuras de 9 a 12 ilustram alguns detalhes do andamento desses ensaios.

Figura 9. Detalhe do andamento do ensaio de ponto de amolecimento.



Figura 10. Detalhe do andamento do ensaio de penetração.



Figura 11. Detalhe do andamento do ensaio de viscosidade Saybolt-Furol.



Figura 12. Detalhe do andamento do ensaio de ponto de fulgor.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE PONTO DE AMOLECIMENTO

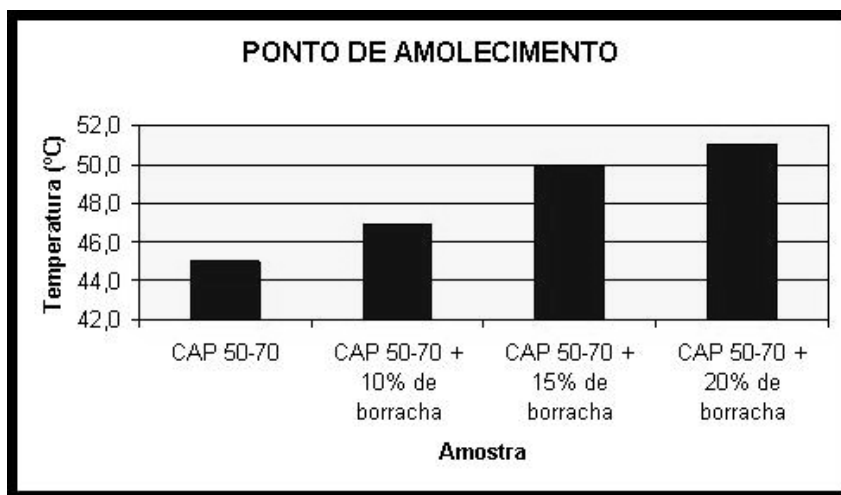
A Tabela 1 apresenta os valores medidos ao longo do ensaio de ponto de amolecimento.

Tabela 1. Valores encontrados para o ensaio de ponto de amolecimento

AMOSTRA	ESFERA 01 (°C)	ESFERA 02 (°C)	MÉDIA (°C)
CAP 50-70	45,0	45,0	45,0
CAP 50-70 + 10% de borracha	47,0	47,0	47,0
CAP 50-70 + 15% de borracha	50,0	50,0	50,0
CAP 50-70 + 20% de borracha	51,0	51,0	51,0

A seguir, a Figura 13 representa uma visão geral do comportamento apresentado por cada amostra ensaiada, no que diz respeito ao ponto de amolecimento.

Figura 13. Gráfico representativo para o ensaio de ponto de amolecimento.



O ponto de amolecimento possui uma forte relação com a ocorrência de deformações plásticas nos revestimentos asfálticos. Assim, quanto menor o valor de referência para o ponto de amolecimento, maior será a possibilidade de ocorrerem deformações mais rapidamente. Analisando-se os resultados obtidos, podemos dizer que o valor do ponto de amolecimento aumenta conforme a adição de borracha. Portanto, quanto maior for o teor de borracha na composição do asfalto-borracha, menor será a possibilidade de ocorrência de deformações plásticas, como o afundamento de trilha de roda, por exemplo.

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE PENETRAÇÃO

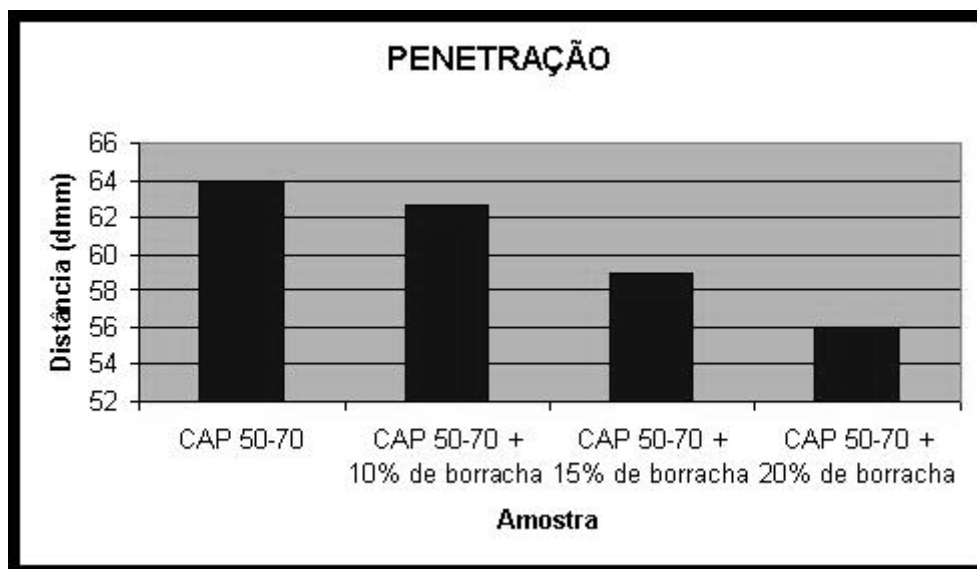
A Tabela 2 apresenta os valores medidos ao longo do ensaio de penetração.

Tabela 2. Valores encontrados para o ensaio de penetração.

AMOSTRA	FURO 01 (dmm)	FURO 02 (dmm)	FURO 03 (dmm)	MÉDIA (dmm)
CAP 50-70	63	65	64	64
CAP 50-70 + 10% de borracha	62	63	63	63
CAP 50-70 + 15% de borracha	58	59	60	59
CAP 50-70 + 20% de borracha	58	56	54	56

A seguir, a Figura 14 representa uma visão geral do comportamento apresentado por cada amostra ensaiada, no que diz respeito à penetração.

Figura 14. Gráfico representativo para o ensaio de penetração.



O ensaio de penetração classifica os cimentos asfálticos em CAP 30-45, CAP 50-70, CAP 85-100 e CAP 150-200. A partir dos resultados, nota-se uma queda nos valores da penetração à medida que ocorre o aumento do teor de borracha. Contudo, não obtivemos uma modificação tão significativa a ponto de mudar a classificação do CAP, conforme a sua penetração, pois os valores continuaram entre 50 dmm e 70 dmm.

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE VISCOSIDADE SAYBOLT-FUROL

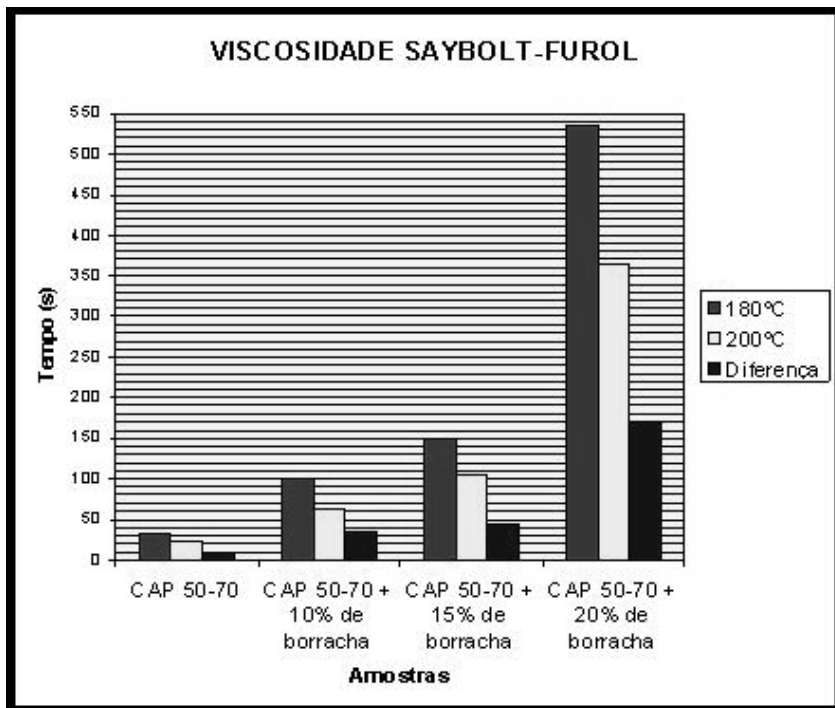
A Tabela 3 apresenta os valores medidos ao longo do ensaio de viscosidade Saybolt-Furol.

Tabela 3. Valores encontrados para o ensaio da viscosidade Saybolt-Furol.

TEMPERATURA	180° C	200° C
AMOSTRA	TEMPO (s)	
CAP 50-70	32,66	22,59
CAP 50-70 + 10% de borracha	99,69	63,88
CAP 50-70 + 15% de borracha	149,59	105,97
CAP 50-70 + 20% de borracha	535,06	364,10

A seguir, a Figura 15 representa uma visão geral do comportamento apresentado por cada amostra ensaiada, no que diz respeito à viscosidade.

Figura 15. Gráfico representativo para o ensaio de viscosidade Saybolt-Furol.



A comparação entre os valores encontrados para a viscosidade do CAP 50-70 puro e os asfaltos-borracha permite verificar um aumento expressivo da viscosidade, conforme o aumento do teor de borracha incorporado. Observa-se também que, com o aumento da temperatura, essa diferença cai, o que representa uma vantagem quando se trabalha com o asfalto-borracha em altas temperaturas. Por outro lado, o risco de acidente pode aumentar tendo em vista que os gases constituintes da mistura se inflamam com mais facilidade com o aumento da temperatura.

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE PONTO DE FULGOR

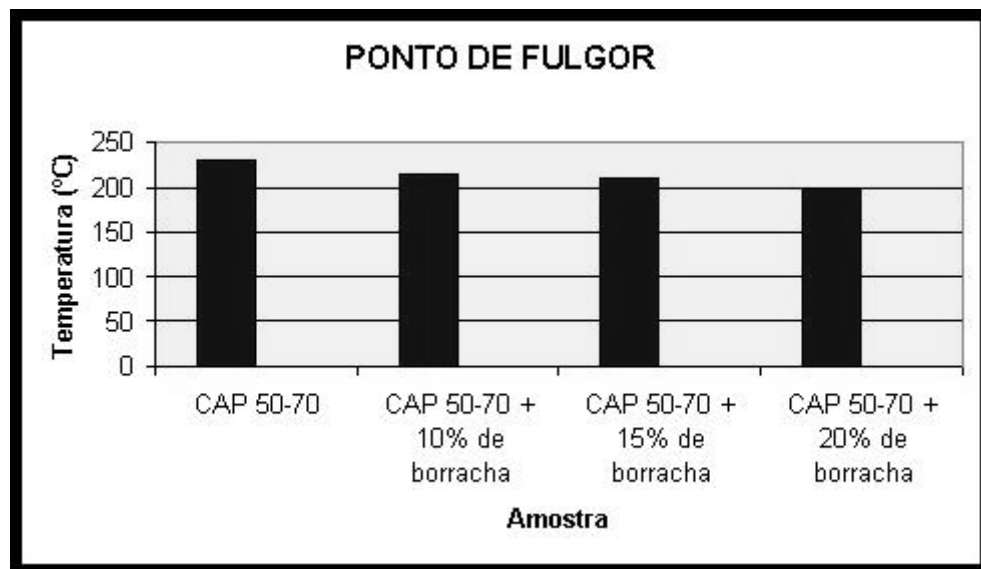
A Tabela 4 apresenta os valores medidos ao longo do ensaio do ponto de fulgor.

Tabela 4. Valores encontrados para o ensaio do ponto de fulgor.

AMOSTRA	TEMPERATURA (°C)
CAP 50-70	230
CAP 50-70 + 10% de borracha	215
CAP 50-70 + 15% de borracha	210
CAP 50-70 + 20% de borracha	200

A seguir, a Figura 16 representa uma visão geral do comportamento apresentado por cada amostra ensaiada, no que diz respeito ao ponto de fulgor.

Figura 16. Gráfico representativo para o ensaio de ponto de fulgor.



O ensaio do ponto de fulgor garante os níveis de segurança para se trabalhar com o CAP. Os resultados encontrados demonstram que a adição de borracha causa uma leve diminuição do ponto de fulgor na mistura, portanto é preciso redobrar os cuidados com a temperatura do transporte e no manuseio dos asfaltos-borracha, tendo em vista que os gases se inflamam com mais facilidade.

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ADESIVIDADE

A adesividade é a propriedade que um agregado possui de se ligar a um ligante betuminoso. O resultado do ensaio foi satisfatório, pois se observou que, após as 72 h de ensaio, todas as amostras, com adição de 0,5% de DOPE, produto tensoativo, continuaram

totalmente cobertas pelos ligantes, não havendo deslocamento nem retração da película de asfalto.

CONCLUSÕES

O ponto de fulgor de todas as amostras apresentou resultados insatisfatórios no que concerne à Resolução da ANP nº 39, de 24.12.2008. Contudo, nos outros ensaios realizados, os efeitos foram positivos. Os valores encontrados nos ensaios de ponto de amolecimento e penetração demonstraram uma melhoria em relação à consistência dos cimentos asfálticos convencionais, pois a adição de borracha aumentou os valores do ponto de amolecimento e diminuiu os valores de penetração. Entretanto, ficou evidenciada uma dificuldade na trabalhabilidade, pois a incorporação da borracha ao CAP aumenta a viscosidade do material.

Com o aumento da temperatura, é possível diminuir a viscosidade, porém isso se confronta com os resultados do ensaio de ponto de fulgor, que diminui conforme o aumento do teor de borracha, tornando-a mais passível a acidentes. Disso, conclui-se que o melhor asfalto-borracha, dos ensaiados, é a mistura de CAP 50-70 com 15% de borracha de pneus, pois é o que melhora as características do asfalto, sem se diferenciar muito do ligante usado como referência.

No aspecto tátil-visual, foi possível notar algumas mudanças: quanto maior o teor de borracha incorporada, mais a amostra se tornava elástica. Ao ser aquecido, o asfalto-borracha se torna uma mistura lisa e difícil de manusear; e, ao ser resfriada, adquire um aspecto rugoso e mais fácil de manusear, quando comparado ao CAP 50-70 convencional.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP. Resolução nº 39, de 24.12.2008. Disponível em: <<http://www.sindipneus.com.br/pdfs/resolucao39.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

PREFEITURA DO RECIFE. *SSP ME-24*. Métodos de Ensaio – Adesividade de agregado graúdo ao ligante betuminoso. Secretaria de Serviços Públicos da Prefeitura do Recife, 2003a. 9 p.

_____. *SSP ME-25*. Métodos de Ensaio – Ensaio de penetração de matérias betuminosos. Secretaria de Serviços Públicos da Prefeitura do Recife, 2003b. 7 p.

_____. Métodos de Ensaio – Ponto de Fulgor – Vaso aberto de Cleveland. Secretaria de Serviços Públicos da Prefeitura do Recife, 2003c. 5 p.

_____. *SSP ME-31*. Métodos de Ensaio – Determinação da viscosidade Saybolt-Furol de materiais betuminosos a alta temperatura. Secretaria de Serviços Públicos da Prefeitura do Recife, 2003d. 10 p.

_____. *SSP ME-34*. Métodos de Ensaio – Determinação do ponto de amolecimento de materiais betuminosos (método do Anel e Bola). Secretaria de Serviços Públicos da Prefeitura do Recife, 2003e. 7 p.