

Utilização de resíduos como meio de isolamento térmico para diminuição da taxa de envelhecimento do CBUQ

Carlos Eduardo Moreira Guarido¹; Marcos André J. da S. Vieira¹; Iasmin F. da Cruz Godinho¹

¹Ethos Sustentabilidade e Soluções Ambientais, Rua Silva Pinto, 49 sala 720, Vila Isabel, Rio de Janeiro-RJ – Brasil CEP: 20551-190,

ethos@ethossustentabilidade.com.br

Resumo - O presente estudo busca um método de conservação da massa asfáltica denominada Cimento Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) com a finalidade de diminuir a taxa de envelhecimento do produto no intercurso usina/aplicação no solo. O projeto visa a utilização de resíduos na confecção de placas cerâmicas, provenientes de processo cerâmico de louças sanitárias e torta do filtro da estação de tratamento industrial, aplicado ao veículo de transporte de CBUQ promovendo um isolamento térmico e redução na oxidação da massa asfáltica. Primeiramente os resíduos foram caracterizados de acordo com a NBR 10004/04, sendo considerada classe IIA – não perigoso. Os resultados mostraram que as placas confeccionadas do resíduo MIX (15% de torta de filtro prensa + 85% de resíduo do processo cerâmico) se comportaram como uma barreira, evitando o declínio mais pronunciado da temperatura, como observado para as placas confeccionadas do resíduo ARM (100% de resíduo cerâmico). A variação da MIX foi de apenas 11 °C após 24 horas de teste, uma vez que apresentou maior área superficial e superfície externa com poros abertos, conforme observado pela análise de microscópio eletrônico de varredura e testes de absorção em água. Este comportamento levaria a redução da massa asfalta oxidada, permitindo melhor estabilidade no ponto de aplicação do mesmo.

Palavras-Chave: resíduo, asfalto, oxidação, controle de qualidade, redução.

Abstract - This study adequate conservation method of the asphalt mass denominated hot bituminous cement machined, with the purpose of reducing the rate of aging of the product in the plant / soil application. The project aims at the use of waste in the manufacture of ceramic plates, from ceramic sanitary ware process and filter cake from industrial treatment plant, applied to the transport vehicle promoting a thermal insulation and reduction in the oxidation of the asphalt mass. First the waste were characterized according to NBR 10004/04, classified as class IIA - non-inert waste. The results showed that the plates made from the MIX waste (15 wt% filter-press cake + 85 wt% blending process steps) behaved like a barrier, avoiding the most pronounced decline in temperature, as observed for the prepared plates of the ARM waste (100 wt% waste ceramic). The results have shown that temperature's variation to MIX was 11 °C degree after 24 hours of testing, since it presents a larger surface area and external surface with open pores, as observed by SEM analysis and absorption testing. Thus, the ceramic plates made by the from MIX would avoids reduce both the oxidation process and the temperature drop of the asphalt mass and provide an environment of stability in the interaction between the asphalt plant and the application point of the asphalt.

Keywords: waste, asphalt, oxidation, quality control, reduction.

1 Introdução

A preocupação com a qualidade da malha rodoviária no Brasil e no mundo tem levado um grande número de pesquisadores a investigar a melhoria do processo, bem como a qualidade da massa asfáltica produzida.

Grandes contribuições foram feitas no sentido de se adicionar ao asfalto produtos que pudessem melhorar a qualidade e estender as propriedades do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), após a formação e aplicação da massa asfáltica, com o consequente aumento da vida útil das rodovias e da diminuição do custo de manutenção.

Paralelamente ao esforço e ao sucesso das grandes pesquisas, os órgãos regulamentadores aplicam o controle de qualidade através das normas técnicas, estabelecendo parâmetros de aceitação do produto. Entretanto, problemas quanto à vida útil do asfalto persistem e são responsáveis pelo alto índice de degradação das rodovias, acarretando prejuízos consideráveis aos usuários e aos órgãos públicos.

O presente trabalho apresenta um estudo que busca a confecção de uma barreira que evite tanto a ação do meio quanto a queda de temperatura da massa asfáltica e proporcione um ambiente de estabilidade no intercuro entre a usina e o ponto de aplicação do asfalto. A metodologia faz uso de resíduo cerâmico da produção de louças sanitárias (ARM) e torta do filtro prensa de uma estação de tratamento de esgoto (MIX), para confecção de placas que funcionem como isolante térmico e possam ser utilizadas no revestimento/cobertura do veículo transportador de asfalto. O ponto de partida para alcançar o ambiente de estabilidade envolve duas linhas distintas de trabalho, uma voltada para a modelagem do comportamento da massa asfáltica dentro do ambiente controlado e outra para o desenvolvimento de placas com resíduo cerâmico que atuem como isolante térmico.

Cimentos asfálticos endurecem não só durante as operações de mistura e aplicação, como também durante a sua vida em serviço. A compreensão dos mecanismos deste endurecimento durante a mistura e a aplicação vem de que devido às altas temperaturas, o ligante envelhece não só por causa da perda dos compostos mais voláteis como também devido às reações de oxidação que acontecem nessas temperaturas. Durante a vida em serviço as temperaturas no pavimento são muito menores do que as de mistura e aplicação, porém neste caso o processo oxidativo é considerado o principal mecanismo de envelhecimento, o que pode ser justificado, entre outros fatores, pela exposição aos raios ultravioletas (Cravo 2016).

Oliveira (2015) avaliou o potencial antioxidante do líquido da castanha de caju (LCC) para materiais asfálticos através de diferentes métodos de envelhecimento, e concluiu que o LCC causou uma leve redução da rigidez destas misturas asfálticas e que polimerizou ao ser submetido ao envelhecimento em estufa e simulado numa câmara sob pressão de ar (*Pressure Ageing Vessel* – PAV). O processo de envelhecimento mais agressivo foi o que submeteu a mistura solta ao envelhecimento em estufa durante nove dias.

Silva (2011) estabeleceu parâmetros que possibilitaram identificar o percentual de envelhecimento em cada etapa do processo e apresentou os seguintes dados: 60% envelhecimento devido as etapas de usinagem e 40% de envelhecimento devido a estocagem, transporte e aplicação do asfalto.

Dentro da enorme gama de trabalhos que apresentam os efeitos negativos da queda de temperatura e da exposição do asfalto a radiação UV, como principais mecanismos para o desenvolvimento do fenômeno de envelhecimento, fica evidente a necessidade de um controle eficaz da influência desses parâmetros no decorrer do processo de usinagem e aplicação do asfalto.

2 Materiais e métodos

Para análise e performance das placas frente ao decaimento de temperatura e processo de oxidação foram realizadas algumas caracterizações, conforme descritas abaixo:

2.1 Caracterizações do Resíduo Cerâmico e Torta do Filtro Prensa

Os ensaios e análises de caracterização química do resíduo proveniente da torta do filtro prensa (MIX) e do resíduo cerâmico (ARM) foram realizados nos laboratórios da Empresa CAF Química, de acordo com a NBR 10004:2004 – Classificação dos Resíduos Sólidos – Lixiviado e Solubilizado, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

2.2 Caracterizações dos Materiais

Os materiais foram submetidos as seguintes caracterizações:

✓ Testes de absorção – testes de absorção em água foram realizados nas placas cerâmicas após a calcinação. As amostras secas foram pesadas e imersas em água por 24 horas a 100 ° C. A relação massa seca e massa úmida resultou no percentual de vazios.

✓ Técnica de microscopia de varredura (MEV): as observações de microscopia eletrônica de varredura foram feitas em um modelo Jeol JSM 7100F com uma energia de 1,31kV, com aumento de X150 e X600. Com a técnica de microscopia eletrônica de varredura equipada com espectrômetro de raios X por dispersão de energia (MEV / EDS) foi possível avaliar a morfologia da amostra, com o foco principal em identificar a estrutura microscópica, a porosidade e o tamanho médio das partículas (poro) das amostras. Em paralelo, a composição química das amostras pode ser identificada. Além disso, baseado nas imagens de amostras, o processamento de imagens computacionais foi utilizado como um método adicional de análise de amostras para medir a distribuição espacial da porosidade.

2.3 Caracterização do Ensaio

Para comparação do decaimento de temperatura no envelhecimento da massa asfáltica foram confeccionadas caixas dos resíduos de MIX (15% de torta de filtro prensa + 85% de resíduo do processo cerâmico) e ARM (100% de resíduo cerâmico), com as mesmas dimensões (altura, comprimento, profundidade e espessura). A massa de asfalto foi produzida em laboratório [feita a partir do mix de um percentual de cimento asfáltico de 50/70 (5,1% em massa) e agregados], de acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). A composição dos agregados foi ponderada de acordo com a faixa IV C do *Asphalt Institute* - brita 0 (13,3%), brita 1 (30,4%), pó de pedra (51,2%). Esses materiais foram macerados em um reator cilíndrico vertical a 170 °C e a massa de asfalto foi inserida nas caixas (80% do volume) na mesma temperatura, e monitoradas a temperatura interna e externa por meio de termopar. Os termopares foram conectados a um Controlador Lógico Programável (CLP) conectado ao computador, registrando a temperatura durante as primeiras 12 horas, o resultado foi coletado a cada 1 hora e, após 12 horas, o resultado foi coletado quando completado 24 horas.

3 Resultados

3.1 Análises de Caracterização do Resíduo Cerâmico (ARM) para o Lixiviado

Foi realizado ensaio de lixiviação no resíduo de argila de acordo com a NBR 10004:2004, onde foram encontrados os resultados na tabela 1:

- a) Teor de sólidos secos – 73,6%
- b) pH do extrato lixiviado obtido – 5,18
- c) Tempo de lixiviação – 18h
- d) Volume de líquido – 1000 mL

Tabela 1 - Resultado do ensaio de lixiviação – inorgânicos

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Limite Máximo (mg/L)	LQ (mg/L)
Arsênio	nd	1,0	0,01
Bário	0,49	70,0	0,04
Cádmio	nd	0,5	0,002
Chumbo	0,039	1,0	0,006
Cromo	0,014	5,0	0,003
Mercúrio	nd	0,1	0,0005
Prata	0,003	5,0	0,002
Selênio	0,02	1,0	0,01

Não foram detectados pesticidas presentes nos resíduos, tais como: aldrin, dieldrin, diclorodifeniltricloroetano (DDT), diclorodifenildicloroetano (DDD), diclorodifenildicloroetileno (DDE), endrin, lindano, motoxicloro e pentaclorofenol.

Não foram detectados os elementos químicos orgânicos, tais como: benzeno, benzo(a)pireno, cloreto de vinila, clorobenzeno, clorofórmio, cresol total, o-cresol, m-cresol, p-cresol, 1,4-diclorobenzeno, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetileno, hexaclorobenzeno, hexaclorobutadieno, tetracloreto de carbono, tetracloroetileno, tricloro etileno, 2,4,5-triclorofenol, 2,4,6-triclorofenol.

Os resultados obtidos para os elementos ensaiados comparados com os limites estabelecidos pela NBR 1004:2004 – Anexo F, estão conformes.

3.2 Análises de Caracterização do Resíduo Cerâmico (ARM) para Solubilização

Foi realizado ensaio de solubilização no resíduo de argila de acordo com a NBR 10004:2004, onde foram encontrados os resultados na tabela 2:

- a) Teor de sólidos secos – 73,6%
- b) pH do extrato lixiviado obtido – 7,7
- c) Tempo de lixiviação – 7 dias
- d) Volume de líquido – 1000 mL

Tabela 2 - Resultado do ensaio de solubilização – inorgânicos

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Limite Máximo (mg/L)	LQ (mg/L)
Arsênio	nd	0,01	0,01
Alumínio	0,001	0,2	0,02
Bário	0,11	0,7	0,04
Cádmio	nd	0,005	0,002
Chumbo	0,005	0,01	0,006
Cobre	<0,002	2,0	0,002
Cromo Total	<0,003	0,05	0,003
Ferro	0,18	0,3	0,03
Manganês	nd	0,1	0,005
Merúrio	nd	0,001	0,0005
Nitrato (expresso em N)	0,10	10,0	0,01
Prata	nd	0,05	0,002
Selênio	nd	0,01	0,01
Sódio	121,1	200	0,04
Zinco	nd	5,0	0,008

Não foram detectados os elementos químicos orgânicos, tais como: aldrin, dieldrin, diclorodifeniltricloroetano (DDT), diclorodifenildicloroetano (DDD), diclorodifenildicloroetileno (DDE), endrin, lindano, fenóis totais e hexaclorobenzeno.

Os resultados mostraram que os teores de metais pesados de interesse estão abaixo dos limites estabelecidos pela NBR, de acordo com o anexo F (lixiviação) e o anexo G (solubilização). Portanto, conclui-se que este resíduo é classificado como resíduo não inerte – classe II-A.

3.3 Análise de Caracterização da Torta do Filtro Prensa (MIX)

Foi realizado ensaio de caracterização no resíduo da torta de acordo com a NBR 10004:2004, em que foi classificado como resíduo não inerte – classe II-A, conforme tabela 3.

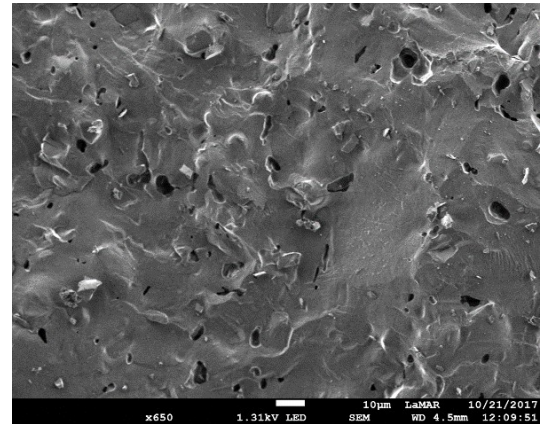
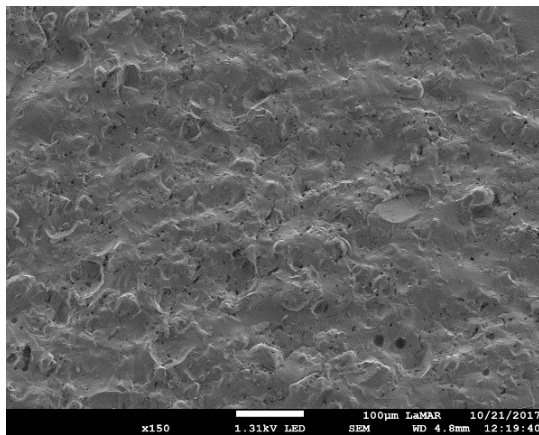
Tabela 3 - Resultado do ensaio de caracterização da torta de acordo com a NBR 10004:2004.

Avaliação das Características do Resíduo	Resultado
Inflamabilidade	A amostra não apresentou a característica de inflamabilidade de acordo com os termos referidos na norma
Corrosividade	A amostra apresentou pH (Sol 5%) igual a 7,5 não apresentando a característica corrosividade de acordo com os termos referidos na norma
Reatividade	A faixa de pH indicada e os componentes utilizados no processo produtivo indicam a amostra como sendo isenta da característica de reatividade
Toxicidade	A amostra não apresentou a característica de toxicidade de acordo com os termos referidos na norma
Patogenicidade	O resíduo não apresentou a característica de patogenicidade de acordo com os termos referidos na norma

3.4 Caracterização do Ensaio

O diâmetro dos poros da MIX está entre 50 μm e 80 μm . No entanto a ARM está na faixa de 10 μm . Além disso, a área total de poros obtida por análise de imagens para ARM foi de cerca de 10%, o que é menor do que a medida da área total de poros por MIX (85%). Além disso, por EDS foi possível observar que a amostra ARM apresentou composição química (não mostrada aqui), os elementos: O, Si, Al, K, na forma de quartzo, caulinita, ilita e montmorilonita. Outros elementos não foram detectados.

ARM



MIX

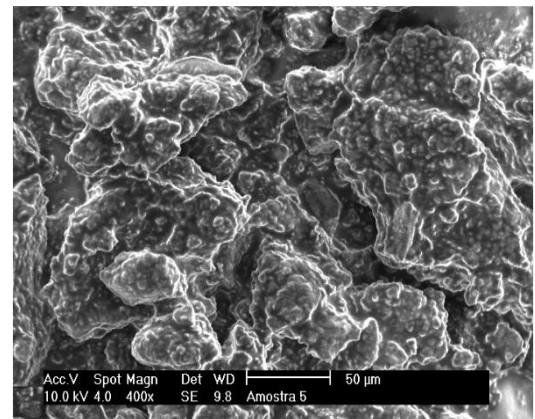
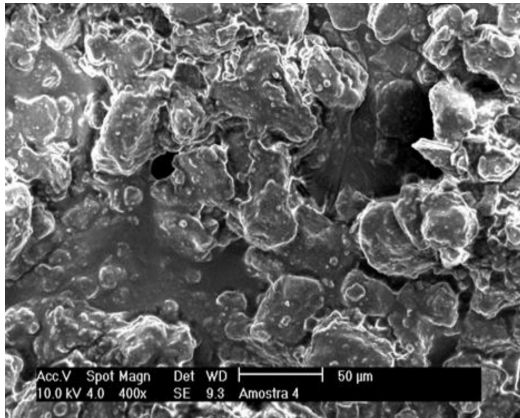


Figura 1 - Microscopia obtida por Microscopia Eletrônica de Varredura das amostras ARM e MIX.

Com relação aos resultados de absorção em água, a MIX apresentou maior índice de vazios (80%), enquanto que para a ARM menor que 10%, comprovado pelas micrografias apresentadas na figura 1. Os resultados do monitoramento das temperaturas interna e externa das caixas estão plotados na figura 2.

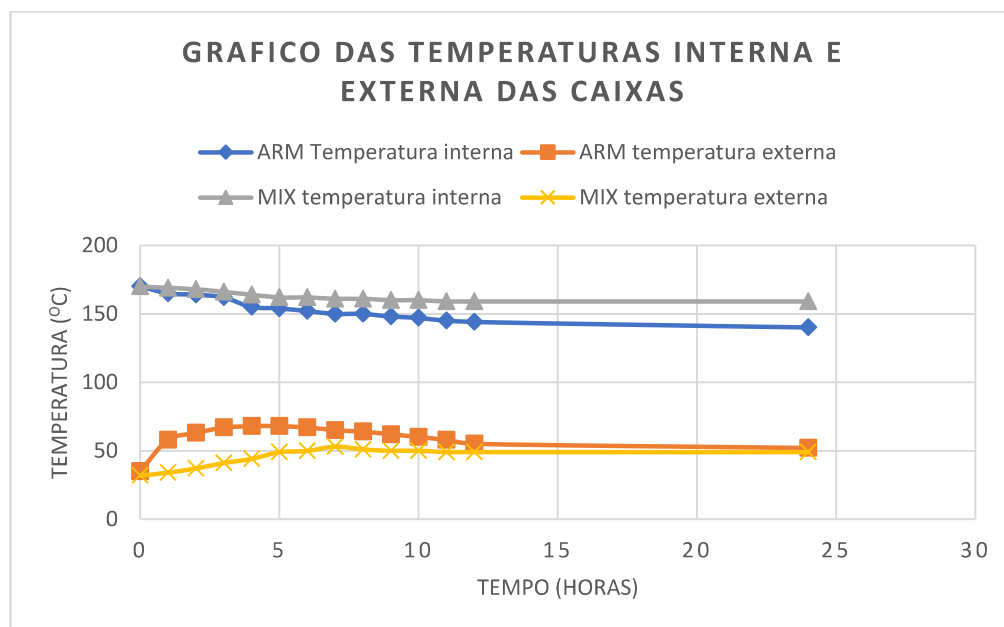


Figura 2 - Resultado do decaimento de temperatura interna e externa das placas confeccionadas por ARM e MIX.

4 Conclusão

O decaimento da temperatura interna da ARM foi mais pronunciado que a MIX, variação de 30°C, enquanto que para a MIX houve uma variação de apenas 11 °C. O ganho de massa percentual presente na amostra foi maior em relação a outra. Cerâmicas, em geral, devido à presença de porosidade, não são boas condutoras de calor. Pelo comportamento do gráfico da MIX, conclui-se que a superfície externa possui poros abertos e fechados dentro da placa cerâmica, enquanto que a ARM possui poros externo e interno fechados, como mostra a figura 1.

Enfatiza-se que a sinterização é um processo termodinâmico de não-equilíbrio e a ARM possui área superficial menor que a MIX, resultando em maior densificação e contração volumétrica, como observado pelos testes de absorção. A MIX reduziu o processo de oxidação e a queda de temperatura da massa de asfalto, e proporcionaria um ambiente de estabilidade na interação entre a planta de asfalto e o ponto de aplicação do mesmo.

5 Referências

Asphalt Institute (2005) *Asphalt Pavement Thickness and Mix Design*. Lexington, KY

Associação Brasileira de Norma Técnica – ABNT (2004a). NBR 10004 – Classificação do Resíduos Sólidos – lixiviação e solubilização, Rio de Janeiro

Associação Brasileira de Norma Técnica – ABNT (2004b). NBR 10005 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, Rio de Janeiro

Associação Brasileira de Norma Técnica (2004c) NBR 10006 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, Rio de Janeiro

Cravo MCC (2016) Efeitos do Envelhecimento Térmico e Fotoquímico em Ligantes Asfálticos, Mástique e Matriz de Agregados Finos, Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Pavimentação IPR-79, 3 ed., Rio de Janeiro, Brasil, pp.1-278, 2006.

Oliveira LS (2015) Avaliação do potencial antioxidante do líquido da castanha de caju (LCC) para materiais asfálticos através de diferentes métodos de envelhecimento, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, 2015.

Silva JP (2011) Avaliação do efeito do calor e do ar no envelhecimento de ligantes asfálticos utilizando o modelo de Arrhenius, In 7º Congresso Brasileiro de Rodovias e Concessões, Foz do Iguaçu, Brasil, pp. 1-12, 2011.