CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.128
ISBN 978-65-86819-05-2

AVALIAÇÃO DE TRATAMENTOS SUPERFICIAIS DE RODOVIAS ATRAVÉS DE ENSAIOS LABORATORIAIS

PEREIRA, SYNARDO LEONARDO DE OLIVEIRA
Professor
Universidade Regional do Cariri – URCA
Ceará; Brasil
synardo.pereira@urca.br

BARROSO, SUELLY HELENA DE. ARAÚJO
Professora
Universidade Federal do Ceará – UFC
Ceará; Brasil
suelly@det.ufc.br

CIRINO, MIGUEL ADRIANO GONÇALVES
Professor
Universidade Regional do Cariri – URCA
Ceará; Brasil
migueladrianoeng@hotmail.com

OLIVEIRA, BRUNO BARBOSA DE
Professor
Universidade Regional do Cariri – URCA
Ceará; Brasil
bruno.barbosa@urca.br

RESUMO

Os pavimentos são definidos como estruturas de múltiplas camadas, construídas sobre a superfície final de terraplenagem, a fim de resistir aos esforços aplicados pelo tráfego e clima, garantindo conforto, economia e segurança aos usuários. Podem ser classificados em pavimentos rígidos (concreto) e flexíveis (asfálticos). Dentre os revestimentos asfálticos utilizados destaca-se o Tratamento Superficial (TS), de pequena espessura e custo reduzido, constituído pelo espalhamento de ligante betuminoso e agregado mineral, com posterior compactação. No Estado do Ceará, nordeste brasileiro, representa cerca de 61% da malha rodoviária pavimentada estadual. Apesar de sua grande utilização, não existem métodos atuais de dosagem ou processo para avaliação de desempenho em laboratório, o que pode acarretar no surgimento de vários tipos de defeitos nas rodovias. O presente trabalho busca avaliar o desempenho do TS em laboratorio através do desgaste sofrido pelos corpos de prova submetidos ao ensaio *Wet Track Abrasion Test* (WTAT), equipamento utilizado para dosagem de microrrevestimento asfáltico e adaptado neste trabalho para avaliação do TS. Espera-se, à luz dos resultados obtidos, classificar as melhores dosagens de agregados e ligantes. Por fim, espera-se ainda comprovar a eficácia do ensaio WTAT, que pode ser uma ótima ferramenta para avaliação dos tratamentos superficiais, além de ser um equipamento de baixo custo, podendo ser adquirido pela maioria dos laboratórios.
Palavras-chave: revestimentos asfálticos; desempenho; WTAT.

ABSTRACT

Pavements are defined as multiple structures, built on the final surface of the earthworks, an end of resistance to the effects of traffic and weather, comfort, economy and safety to users. They can be classified into rigid (concrete) and flexible (asphalt) floors. Among the asphalt coatings used for asphalt surface treatment (AST), of low thickness and reduced cost, consisting of the spreading of bituminous and aggregate binder, with subsequent compaction. No state of Ceara, northeastern Brazil, represents about 61% of the state paved road network. Despite their widespread use, there are no current dosing methods or processes for laboratory performance evaluation, or they can accelerate the emergence of various types of highway defects. The present work aims to evaluate the performance of the TS in the laboratory, using the wear suffered by the specimens in the Wet Track Abrasion Test (WTAT) test, equipment used for asphalt microcoating dosing and adapted in this work to evaluate the AST. It is expected, in the light of the results obtained, to rank as best dosages of aggregates and binders. Finally, the wait is also proven by the effectiveness of the WTAT test, which can be a great tool for surface risk assessment, as well as the use of low cost equipment, which can be purchased by most laboratories.
Keywords: asphalt coatings; performance; WTAT.

ISBN 978-65-86819-05-2

1. INTRODUÇÃO

Os pavimentos são estruturas formadas por múltiplas camadas, onde o chamado revestimento é a camada mais superficial e que tem por função receber a carga dos veículos e mais diretamente a ação climática. É necessário que essa camada seja tanto quanto possível impermeável e resistente aos esforços de contato pneu-pavimento. Esses esforços são variados conforme a configuração das cargas e a velocidade dos veículos. Para tanto, os pavimentos são classificados, em geral, de acordo com a forma de distribuição dos esforços gerados pelo tráfego ao longo das camadas do pavimento, em rígidos e flexíveis.

Os pavimentos rígidos são compostos por uma camada superficial de concreto de cimento Portland, construída sobre uma camada de material granular ou de material estabilizado com cimento (chamada sub-base), assentada sobre o subleito ou sobre um reforço do subleito quando necessário. Os pavimentos flexíveis são compostos por revestimento de material asfáltico, apoiado sobre camadas (geralmente base, sub-base e reforço do subleito) constituídas por materiais granulares (solos ou misturas de solos, com ou sem adição de agentes estabilizantes) (DNIT, 2005).

Na busca de soluções mais viáveis técnica e economicamente, devido aos parcos recursos financeiros para investimentos na ampliação da malha rodoviária pavimentada existente, outros tipos de revestimentos, de um modo especial os de espessura mais delgada ou os chamados pavimentos econômicos, devem ser amplamente explorados. Dentre estes destaca-se o tratamento superficial (TS), que consiste na aplicação de ligante asfáltico e agregado em camadas simples ou múltiplas, com posterior compactação.

O tratamento superficial se apresenta ainda como uma ótima solução para rodovias de Baixo Volume de Tráfego (RBVT). Segundo o Departamento Estadual de Rodovias do estado do Ceará (DER-CE, 2017) o TS constitui cerca de 64% de toda a malha estadual pavimentada. Essa realidade não difere do restante dos estados brasileiros, principalmente daqueles pertencentes à região Nordeste.

Apesar de ser bastante utilizado observa-se que ainda são poucos os estudos laboratoriais de dosagem e avaliação das melhores taxas de aplicação dos materiais para TS, sendo essas taxas muitas vezes aplicadas de acordo com as normas rodoviárias (às vezes inadequadas), guiadas pelo bom senso do profissional. Essa prática pode provocar a ocorrência de defeitos no pavimento executado, além do aumento dos custos de construção e/ou manutenção.

Através do presente trabalho, pretende-se avaliar corpos de provas de tratamento superficial a partir de um procedimento de dosagem, execução e avaliação de desempenho desenvolvido para laboratório.

2. REVISÃO DA LITERATURA

As chamadas Rodovias de Baixo Volume de Tráfego (RBVTs), representam cerca de 65% a 80% das rodovias brasileiras (RABELO *et al.*, 2009). As RBVTs são dimensionadas para um tráfego previsto de no mínimo 10^4 e no máximo 10^6 repetições de carga equivalente ao eixo padrão de 80kN (BERNUCCI, 1995). Essa definição, porém não é unânime, variando de uma região para outra (SANTANA e BERNUCCI, 2004).

As RBVTs se enquadram ainda nos chamados pavimentos de baixo custo (VILLIBOR e NOGRAMI, 1995; VILLIBOR *et al.*, 2009) ou pavimentos econômicos (CHAVES *et al.*, 2004; VILLIBOR e NOGRAMI, 2009), que utilizam bases constituídas de materiais naturais, ou misturados com pequenas quantidades de agregado, e empregam como revestimento betuminoso capas de pequena espessura, geralmente do tipo tratamento superficial. A Figura 1 apresenta o esquema de um pavimento considerado econômico.

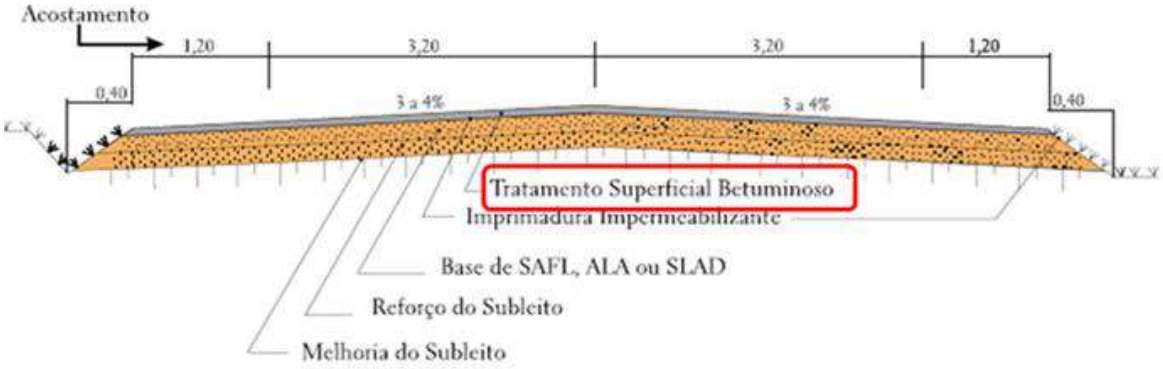


Figura 1 – Esquema de pavimento econômico

ISBN 978-65-86819-05-2

O tratamento superficial, segundo o DNIT (2006), é definindo-o com um revestimento executado através de uma ou mais aplicações de ligante betuminoso, seguido de igual número de operações de espalhamento e compactação de camadas de agregados com granulometria apropriadas. Pode ser classificado como tratamento superficial simples (TSS), duplo (TSD) ou triplo (TST), dependendo do número de aplicações de ligante e agregado (Figura 2).



a) TSS; b) TSD; c) TST

Figura 2 – Classificação dos tratamentos superficiais

As principais funções do tratamento superficial são (MELO, 1978; LARSEN, 1985; BERNUCCI *et al*., 2010):

- primeiro revestimento de pavimentos sujeitos a tráfego leve ou médio;
- camada de rolamento de pequena espessura, porém, de alta resistência contra desgaste;
- impermeabilizar, ou rejuvenescer revestimentos asfálticos envelhecidos, fissurados e sujeitos à infiltração de água;
- proteger a infraestrutura do pavimento;
- revestimento anti-derrapante, melhorando a resistência ao deslizamento;
- aumentar a resistência ao desgaste do revestimento;
- revestimento de alta flexibilidade, onde o trincamento por fadiga é quase inexistente;
- alta refletância e alta aderência entre pneu e superfície;
- sinalização visual, ao se utilizar agregados de cores diferentes;
- revestimento da primeira etapa da construção definitiva de pavimentos sujeitos a tráfego médio ou pesado.

Entretanto, apesar de todos os benefícios citados, ressalta-se que, devido à sua pequena espessura, o tratamento superficial não fornece capacidade estrutural ao pavimento, além de não corrigir irregularidades longitudinais e transversais da pista.

A execução dos tratamentos superficiais envolve os seguintes equipamentos principais: caminhão espargidor de ligante, equipamento mais importante para a execução do TS, composto de vários dispositivos como tanque de armazenamento, sistema de aquecimento e barra de distribuição de ligante; distribuidor de agregado, com espalhamento do material na taxa definida em projeto e rolos compactadores (lisos e pneumáticos) para a acomodação dos agregados, conforme apresentado na Figura 3.



a) espargidor de ligante; b) distribuidor de agregado; c) rolo de pneus

Figura 3 – Equipamentos utilizados na execução dos tratamentos superficiais

De uma maneira geral, existem duas formas de dosagem para tratamentos superficiais: os métodos diretos, onde a quantidade de agregado é determinada experimentalmente, e os métodos indiretos, onde as taxas de materiais aplicados são determinadas através de fórmulas que variam para cada método empregado.

O método direto mais usual é o ensaio de placa ou método da bandeja que consiste em colocar o agregado sobre uma bandeja de área conhecida (50×50cm). O agregado é disposto de tal modo a formar uma camada uniforme, sem superposição e evitando ao máximo vazios entre os agregados que permitam ver o fundo da bandeja. O DER-CE chama este método de processo da bandeja de fundo vermelho. A Figura 4 ilustra algumas etapas do método.

ISBN 978-65-86819-05-2



Figura 4 – Método da bandeja

Segundo Pinto e Pinto (2015) os principais métodos de dosagem indiretos são:

- Método de Hanson;
- Método Califórnia;
- Método Linckenheyl;
- Método de Lovering;
- Método de Tagle e Podestá.

2.1 Método de Hanson

O engenheiro F. M. Hanson da Nova Zelândia, desenvolveu estudos que ainda formam a base para a maioria dos métodos de dosagem. O método apresenta as seguintes expressões:

$$V_f = 1{,}6 \times d_o \quad (1)$$
$$V_e = 1{,}8 \times d_o \quad (2)$$
$$Q_L = 0{,}133 \times d_o \quad (3)$$

onde:
V_f: volume fixado de agregado, em L/m^2;
V_e: volume de agregado a espalhar, em L/m^2;
d_o: média da menor dimensão do agregado, em mm;
Q_L: quantidade de ligante asfáltico, em L/m^2.

2.2 Método Califórnia

Para esse método foi desenvolvido o conceito do Tamanho Máximo Efetivo (TME) a partir da análise granulométrica do agregado. O tamanho máximo efetivo é por definição a abertura da malha da peneira no qual passa 90% do agregado. O método consiste das seguintes formulações:

$$V_f = 0{,}7 \times TME \quad (4)$$
$$V_e = 0{,}8 \times TME \quad (5)$$
$$Q_L = 0{,}07 \times V_f + 0{,}33 \quad (6)$$

2.3 Método Linckenheyl

Nesse método admite-se que a determinação da dosagem do agregado está ligada ao diâmetro máximo (D) e mínimo (d) do material, desde que não ultrapasse a relação $d \geq 0{,}60D$. Neste caso "D" e "d" compreendem aberturas das malhas das peneiras nas quais passam 90% e 10%, respectivamente. O volume fixado de agregado (V_f) é função do diâmetro médio (D_m), segundo as expressões:

$$D_m = (D + d) / 2 \quad (7)$$
$$V_f = D_m - (D_m^2 / 100) \quad (8)$$
$$V_e = V_f + (D_m / 4) + 0{,}875 \quad (9)$$
$$Q_L = 0{,}0833 \times V_f + 0{,}20 \quad (10)$$

ISBN 978-65-86819-05-2

2.4 Método de Lovering

O método correlaciona o Módulo de Espalhamento (M) à quantidade necessária para formar um mosaico sem superposição de agregados. O cálculo de M se dá através da média ponderada dos tamanhos médios das proporções que contém 20% de fragmentos pequenos, 60% de fragmentos médios e 20% de fragmentos grandes, segundo as seguintes expressões:

$$V_e = 0{,}2 \times M \quad (11)$$

$$Q_L = 0{,}07 \times M \quad (12)$$

2.5 Método de Tagle e Podestá

Para este método que também trabalha com o conceito de tamanho máximo efetivo, foram estabelecidas as seguintes expressões:

$$Q_a = K \times (D + d) / 2 \quad (13)$$

$$Q_L = Q_a / 10 \quad (14)$$

Onde:
Q_a: quantidade de agregado, em L/m^2;
D e d: diâmetros máximo e mínimo, respectivamente, do agregado de cada camada;
K = 1,0 para o agregado da 1ª camada do TSD e TST;
K = 1,1 para o agregado da 2ª camada do TST ou 1ª camada do TSS;
K = 1,2 para o agregado da 2ª camada do TSD e 3ª camada do TST.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionados dois tipos de agregados minerais de pedreiras distintas que geralmente comercializam materiais para obras de construção civil na Região Metropolitana de Fortaleza. Como ligante asfáltico, foram selecionadas a emulsão asfáltica convencional (RR-2C) e a emulsão asfáltica modificada por polímero (RR2C-E). Atualmente utiliza-se a emulsão asfáltica convencional para serviços de tratamentos superficiais, apesar das diversas vantagens da emulsão modificada por polímero.

Em seguida, foram determinadas as taxas de aplicação desses materiais, segundo a especificação do Departamento Estadual de Rodovias do Estado do Ceará (DER-CE), que se baseia pelos métodos direto (bandeja de fundo vermelho para obtenção da taxa em kg/m^2 e da caixa com dimensões padronizadas para determinação da taxa em L/m^2) e de *Tagle* e *Podestá*, apresentados anteriormente.

Após determinadas as taxas de agregados e ligantes foram construídas 9 mantas de revestimentos do tipo TSD para cada material testado. Para tanto, utilizou-se um procedimento para confecção de revestimentos de tratamento superficial em laboratório (LOIOLA, 2009), posteriormente modificado em sua forma de compactação das mantas (PEREIRA, 2010) e na maneira de distribuição dos agregados (PEREIRA, 2013). Esse procedimento visa simular todas as etapas construtivas de um serviço de tratamento superficial executado em campo. Sobre uma manta asfáltica de 3mm (vendida em rolos e utilizada em serviços de imprimação de lajes e caixas d'águas), cortada em tamanho adequado em formato circular e delimitadas por um aro metálico com 28cm de diâmetro interno, foram aplicados o ligante betuminoso e os agregados nas quantidades previamente calculadas para cada tipo de agregado. A cada aplicação de ligante e agregado o conjunto foi compactado e ao final do processo aplicou-se um banho diluído de emulsão+água na proporção (1:1).

Ao final, as mantas de TSD, foram submetidas ao ensaio *Wet Track Abrasion Test* (WTAT) para avaliação do desgaste do revestimento. A Figura 5 apresenta as etapas do processo construtivo das mantas de TSD em laboratório. Ressalta-se que o TSD consiste em duas aplicações de ligantes, alternadas por duas camadas de agregados.

ISBN 978-65-86819-05-2


manta e molde metálico;


aplicação da 1ª tx de ligante;


aplicação da 1ª tx de agregado;


compactação da 1ª camada;


aplicação da 2ª tx de ligante;


aplicação da 2ª tx de agregado;


compactação da 2ª camada;


aplicação do banho diluído;


secagem em estufa;


imersão do revestimento;


ensaio WTAT (abrasão);


lavagem após ensaio.

Figura 5 – Processo construtivo do TSD em laboratório

O procedimento de construção das mantas de TSD consta das seguintes etapas:

1. pesa-se o conjunto (bandeja, placa de zinco, manta asfáltica anel metálico);
2. aplicação da 1ª taxa do ligante asfáltico a fim de atingir o valor calculado;
3. aplicação da 1ª camada de agregado (graúdo);
4. submete-se o conjunto ao processo de compactação;
5. aplicação da 2ª taxa de ligante;
6. aplicação da 2ª camada de agregado (miúdo);
7. nova compactação do conjunto;
8. aplicação do banho diluído (mistura de água e emulsão na proporção de 1:1);
9. secagem da manta em estufa a 60ºC por 24h;
10. retirada da manta da estufa e após o esfriamento pesagem antes do ensaio (P1);

ISBN 978-65-86819-05-2

11. submersão em água por 10 minutos e ensaio no equipamento WTAT por 5 minutos;

12. lavagem da manta para retirada de partículas soltas e em estufa a 60º C até constância do peso;

13. após retirada da estufa e esfriamento faz-se a pesagem da manta (P2);

14. cálculo do desgaste (D), em %, através da diferença de pesos, conforme a equação (15):

$$D = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100 \qquad (15)$$

O ensaio *Wet Track Abrasion Test* (WTAT) consta na norma técnica da ABNT NBR 14746: "Microrevestimento a frio e lama asfáltica – determinação de perda por abrasão úmida (WTAT)". O ensaio determina a resistência à abrasão sob ação simulada da água e do tráfego e o teor ínimo de ligante residual do MRAF através do desgaste do revestimento por diferença de massa (CERATTI e REIS, 2011). Assim como foi feita uma adaptação do equipamento para avaliação de tratamentos superficiais, alguns autores já adaptaram tal equipamento para outros fins: tratamento antipó (DUQUE NETO, 2004) e avaliação de camadas de solo-emulsão (GONDIM, 2008).

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Foi realizada a caracterização dos agregados para verificação se os mesmos atendiam aos requisitos estabelecidos nas especificações técnicas, quanto à granulometria, abrasão Los Angeles, índice de forma, durabilidade, absorção e densidade e adesividade ao ligante.

Quanto aos ligantes asfálticos, os mesmos foram fornecidos com a certificação das empresas que produzem e comercializam os mesmos. Após a caracterização verificou-se que os agregados atendiam todos os quesitos propostos para aplicação em pavimentação.

Após a caracterização foram determinadas as dosagens dos agregados e ligantes conforme método utilizado pelo DER-CE. Tais taxas constam na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Taxas de ligante e agregado.

Agregado	1ª tx de ligante (l/m^2)	1ª tx de agregado (kg/m^2)	2ª tx de ligante (l/m^2)	2ª tx de agregado (kg/m^2)	Banho diluído (l/m^2)	Taxa total de ligante (l/m^2)	Taxa total de agreg. (kg/m^2)
Agreg. 1	1,04	14,39	1,07	8,19	0,5	2,61	22,58
Agreg. 2	0,64	13,82	0,5	5,32	0,45	1,59	19,14

Em seguida foram confeccionados 9 corpos de provas de TSD, nesse trabalho denominadas de mantas de TSD, conforme procedimento de execução em laboratório apresentado anteriormente, para cada um dos materiais estudados (agregados 1 e 2; emulsão convencional e emulsão modificada por polímero), totalizando 36 mantas, da seguinte forma:

- **Emulsão Asfáltica Convencional (RR-2C):**
  - 9 mantas para o agregado 1;
  - 9 mantas para agregado 2;
- **Emulsão Asfáltica Modificada por Polímero (RR2C-E):**
  - 9 mantas para o agregado 1;
  - 9 mantas para agregado 2.

As Tabelas 2 a 5 a seguir apresentam as taxas de materiais e os desgastes sofridos através do ensaio WTAT, para cada material testado:

ISBN 978-65-86819-05-2

Tabela 2 – Taxas de materiais e desgastes sofridos para o agregado 1 e emulsão RR-2C.

Manta	Taxa de ligante (l /m^2)			Taxa de agregado (kg/m^2)		Desgaste (%)
	1ª aplic.	2ª aplic.	Banho	1ª camada	2ª camada	
M1	0,97	1,27	0,47	15,59	5,99	40,93
M2	0,98	1,6	0,5	14,27	6,88	11,89
M3	0,96	1,56	0,37	14,04	6,41	12,11
M4	0,97	1,22	0,55	14,02	7,91	17,27
M5	0,99	1,6	0,29	14,07	7,72	14,99
M6	0,99	1,41	0,52	14,88	7,65	15,67
M7	1,03	1,42	0,48	14,28	7,71	15,32
M8	1	1,72	0,39	14,22	7,75	13,62
M9	0,99	1,35	0,26	13,87	7,69	14,4
Tx de Projeto	**1,04**	**1,07**	**0,5**	**14,39**	**8,19**	**-**
Valor Médio	**0,99**	**1,46**	**0,43**	**14,36**	**7,3**	**17,35**

Tabela 3 – Taxas de materiais e desgastes sofridos para o agregado 2 e emulsão RR-2C.

Manta	Taxa de ligante (l /m^2)			Taxa de agregado (kg/m^2)		Desgaste (%)
	1ª aplic.	2ª aplic.	Banho	1ª camada	2ª camada	
M1	0,63	0,63	0,42	13,13	5,05	11,22
M2	0,61	0,6	0,43	13,1	5,03	11,02
M3	0,61	0,48	0,43	13,12	5,04	8,5
M4	0,61	0,55	0,31	13,16	5,05	11,76
M5	0,61	0,58	0,43	13,15	5,11	15,4
M6	0,61	0,66	0,42	13,05	5,06	11,86
M7	0,62	0,59	0,43	13,14	5,16	12,12
M8	0,6	0,68	0,43	13,36	5,38	9,93
M9	0,61	0,69	0,43	13,07	5,06	14,26
Tx de Projeto	**0,64**	**0,5**	**0,45**	**13,82**	**5,32**	**-**
Valor Médio	**0,61**	**0,61**	**0,41**	**13,14**	**5,1**	**11,79**

ISBN 978-65-86819-05-2

Tabela 4 – Taxas de materiais e desgastes sofridos para o agregado 1 e emulsão RR2C-E.

Manta	Taxa de ligante (l /m^2)			Taxa de agregado (kg/m^2)		Desgaste (%)
	1ª aplic.	2ª aplic.	Banho	1ª camada	2ª camada	
M1	0,97	1	0,47	13,33	7,71	14,17
M2	0,99	1,01	0,48	14,14	7,75	9,68
M3	0,98	1,11	0,48	13,85	7,71	11,2
M4	0,99	1,03	0,4	14,11	7,7	11,53
M5	0,98	1,01	0,47	14,09	7,82	11,48
M6	0,99	1,01	0,47	13,79	7,65	8,81
M7	0,99	1,02	0,47	14,13	7,75	6,3
M8	0,99	1,01	0,48	13,45	7,75	13,13
M9	0,98	1,12	0,47	14,1	7,74	10,82
Tx de Projeto	**1,04**	**1,07**	**0,5**	**14,39**	**8,19**	**-**
Valor Médio	**0,98**	**1,04**	**0,47**	**13,89**	**7,73**	**10,79**

Tabela 5 – Taxas de materiais e desgastes sofridos para o agregado 2 e emulsão RR2C-E.

Manta	Taxa de ligante (l /m^2)			Taxa de agregado (kg/m^2)		Desgaste (%)
	1ª aplic.	2ª aplic.	Banho	1ª camada	2ª camada	
M1	0,62	0,51	0,43	13,09	5,03	8,35
M2	0,61	0,5	0,43	13,06	5,03	9,77
M3	0,61	0,5	0,43	14,54	5,04	4,01
M4	0,61	1,42	0,43	13,11	4,13	9,65
M5	0,61	0,47	0,42	12,91	5,04	16,63
M6	0,62	0,47	0,43	12,89	5,02	12,19
M7	0,6	0,49	0,43	13,08	5,04	20,13
M8	0,61	0,48	0,43	12,99	5,02	21,21
M9	0,6	0,47	0,45	13,09	5,09	16,51
Tx de Projeto	**0,64**	**0,5**	**0,45**	**13,82**	**5,32**	**-**
Valor Médio	**0,62**	**0,51**	**0,43**	**13,09**	**5,03**	**8,35**

De um modo geral, observou-se que as taxas totais de ligante foram levemente maiores que as taxas de projeto, enquanto as taxas de agregados foram levemente menores, para o caso da emulsão convencional. Para a emulsão modificada por polímero observou-se taxas menores tanto para os ligantes quantos para os agregados. Isso já era esperado, uma vez que uma das vantagens da emulsão modificada por polímeros é justamente a necessidade de uma menor quantidade de ligante para envolver todo o agregado.

As Figuras 6 e 7 apresentam as taxas de ligantes e agregados utilizando a emulsão convencional e modificada por polímero, respectivamente. A Figura 8 apresenta o desgaste médio sofrido pelas mantas ao serem submetidas ao ensaio WTAT.

ISBN 978-65-86819-05-2

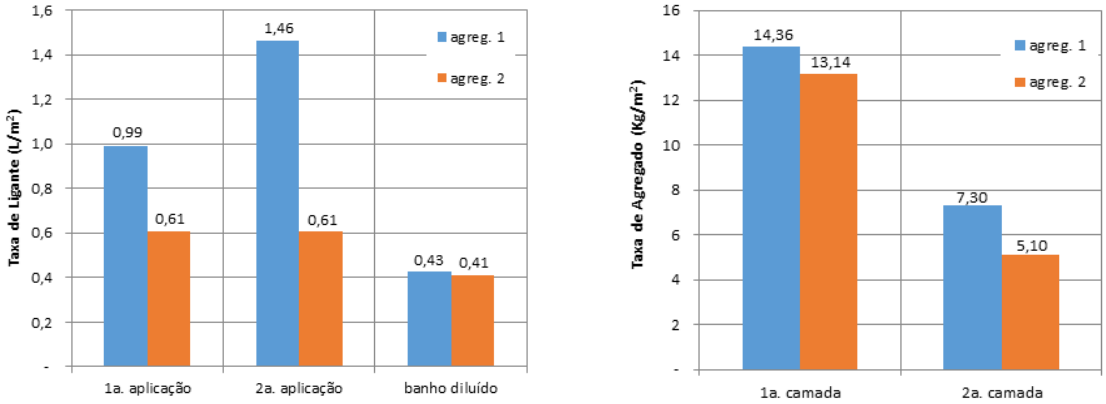


Figura 6 – Taxas de materiais de TSD com emulsão RR-2C

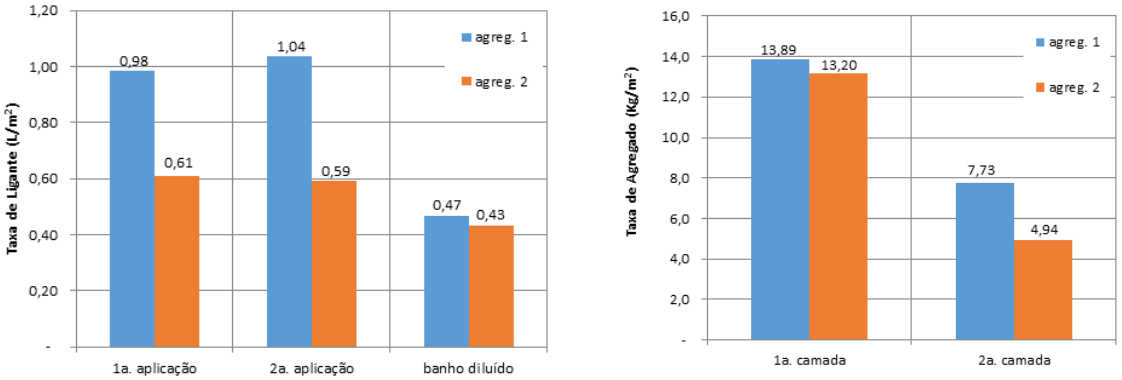


Figura 7 – Taxas de materiais de TSD com emulsão RR2C-E

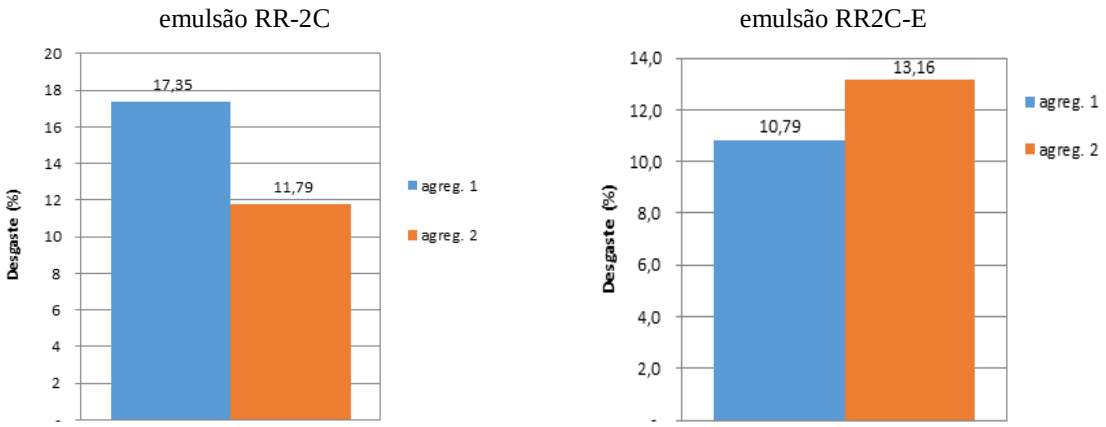


Figura 8 – Desgaste das mantas através do ensaio WTAT

Através da Figura 7 percebe-se que o agregado 1 obtive menor desgaste com o uso da emulsão modificada por polímero. Não foi observado melhora no comportamento para o agregado 2, apresentando valores de desgaste levemente superior para o caso da emulsão modificada. Assim, observa-se que em termos absolutos a utilização da emulsão modificada por polímeros não trouxe maiores benefícios para o desempenho dos revestimentos de TSD, quando considerado o ensaio WTAT.

A comparação entre os desgastes sofridos para os dois tipos de emulsão teve como intenção observar se haveria alguma melhora no comportamento do revestimento com a utilização da emulsão modificada por polímero. Considera-se, nesse estudo, que um menor desgaste no ensaio WTAT pode significar que o ligante obteve um poder maior de segurar o agregado, impedindo que o mesmo fosse arrancado durante o ensaio, garantindo um melhor desempenho do

ISBN 978-65-86819-05-2

revestimento. Em campo isso pode representar um revestimento de melhor qualidade, com uma vida útil maior e serviços de manutenção mais espaçados durante o tempo.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se através dos resultados dos ensaios realizados que o agregado 2 apresentou os menores desgastes (11,79%) em comparação com o agregado 1 (17,35%). Já para o caso do TSD com RR2C-E, o agregado 1 obteve o menor desgaste (10,79%), enquanto o agregado 2 apresentou um desgaste um pouco maior (13,16%). Ao se comparar os desempenhos dos revestimentos com o uso dos dois tipos de ligantes, observou-se que houve apenas uma pequena melhora nos desempenhos dos agregados 1, enquanto que o agregado 2 apresentou um menor desempenho para o uso da emulsão modificada. Assim, à luz da realização dos ensaios de WTAT, percebeu-se que a utilização da emulsão RR2C-E não trouxe grandes benefícios para os revestimentos de TSD.

No entanto, sabe-se que esse ensaio, originalmente desenvolvido para microrrevestimento asfáltico e adaptado para o caso em estudo, se dá de uma maneira muito agressiva nos revestimentos de tratamento superficial, sendo necessários mais estudos para aprimorar o uso deste equipamento, que pode ser facilmente encontrado nos laboratórios de pavimentação devido o seu valor acessível. Por fim, entende-se que o mesmo se mostra uma ótima ferramenta para avaliação de desempenho dos tratamentos superficiais em laboratório.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – NBR 14746: **Microrevestimento a frio e lama asfáltica – Determinação de perda por abrasão úmida**, 2001.

BERNUCCI, L. B. **Considerações Sobre o Dimensionamento de Pavimentos Utilizando Solos Lateríticos para Rodovias de Baixo Volume de Tráfego**. Tese de Doutorado. POLI/USP. São Paulo, 1995.

BERNUCCI, L. B., MOTTA, L. M. G., CERATTI, J. A. P., SOARES, J. B**. Pavimentação Asfáltica. Formação Básica para Engenheiros**. 3ª. Reimpressão. PETOBRAS. ABEDA. Rio de Janeiro, 2010.

CERATTI, J. A. P.; REIS, R. M. M. **Manual de Microrrevestimento Asfáltico a Frio**. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, Instituto Pavimentar, 2011.

CHAVES, F. J.; PONTE, F. Q. R.; CASTRO, J. B. **Implantação de Pavimentos Econômicos no Estado do Ceará**. 9º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária. Natal/RN. 31 de Agosto a 03 de Setembro de 2004.

Departamento Estadual de Rodovias – DER-CE**. Informativo Gerencial 2017 (Edição Comemorativa).** Fortaleza, Ceará, 2017.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. **Manual de Pavimentos Rígidos**. Publicação IPR – 714. Rio de Janeiro, 2005.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. *Manual de Pavimentação.* Publicação IPR – 719. Rio de Janeiro, 2006.

DUQUE NETO, F. S. **Proposição de Metodologia para a Escolha de Solo e Dosagem de Antipó com Emulsão de Xisto**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2004.

GONDIM, L. M. **Estudo Experimental de Misturas Solo-Emulsão Aplicado às Rodovias do Agropólo do Baixo Jaguaribe**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, Ceará, 2008.

LARSEN, J. **Tratamento Superficial na Conservação e Construção de Rodovias**. Abeda. Rio de Janeiro, 1985.

LOIOLA, P. R. R. **Estudo de Agregados e Ligantes Alternativos para Emprego em Tratamentos Superficiais de Rodovias**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, Ceará, 2009.

MELO, A. L. **Tratamentos Superficiais**. Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Tecnologia. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Recife, Pernambuco, 1978.

ISBN 978-65-86819-05-2

PEREIRA, S. L. O. **Avaliação de Tratamentos Superficiais de Rodovias Através de Análise de Laboratório**. Projeto de Graduação. Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, Ceará, 2010.

PEREIRA, S. L. O. **Avaliação dos Tratamentos Superficiais Simples, Duplo e Triplo de Rodovias Através do Emprego de Diferentes Agregados da Região Metropolitana de Fortaleza**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, Ceará, 2013

PINTO, S., PINTO, I. E. **Pavimentação asfáltica: conceitos fundamentais sobre materiais e revestimentos asfálticos**. 1. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2015.

RABÊLO, A. N.; CHAVES, F. J.; BARROSO, S. H. A.; CHAVES, O. F. M. **Diagnóstico das RBVT com Revestimento Poliédrico do Estado do Ceará.** ABPV. IV Simpósio Internacional de Avaliação de Pavimentos e Projetos de Reforço. Fortaleza, Ceará, 2009.

SANT'ANA, W. C.; L. B. BERNUCCI. **Contribuição ao Estudo das Rodovias de Baixo Volume de Tráfego do Estado do Maranhão**. XVIII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transporte. ANPET. Florianópolis, Santa Catarina, 2004.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. **Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos**. Editora Villibor. São Paulo. 240 p., 1995.

VILLIBOR, D. F.; NOGAMI, J. S.; CINCERRE, J. R.; SERRA, P. R. M.; NETO, A. Z. **Pavimentos de Baixo Custo para Vias Urbanas – Bases Alternativas com Solos Lateríticos – Gestão de Manutenção de Vias Urbanas** – 2ª Edição, São Paulo: Arte & Ciência. 196p., 2009.

VILLIBOR, D. F.; NOGAMI, J. S. **Pavimentos Econômicos. Tecnologia do Uso dos Solos Finos Lateríticos**. Editora Arte & Ciência. São Paulo. 2009.