

INVESTIGAÇÃO DE GRANULOMETRIAS DE MISTURAS ASFÁLTICAS NA ADERÊNCIA PNEU-PAVIMENTO

Amanda Cavalcante Rodrigues

Jorge Barbosa Soares

Suely Helena de Araújo Barroso

Departamento de Engenharia de Transportes
Universidade Federal do Ceará

RESUMO

Uma dificuldade que acomete as empresas de construção pesada em relação à segurança viária é atingir valores mínimos de aderência exigidos em campo para o revestimento de pavimentos. Nas situações onde a micro e a macrotextura são controladas, o revestimento precisa ser reexecutado quando esses parâmetros ligados à aderência não atingem o exigido pelas normas. Trata-se de um problema apenas observado durante a fase de construção. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho é investigar, ainda em laboratório durante o projeto, qual porcentagem de agregados passante em diferentes peneiras é necessária a fim de se obter uma mistura asfáltica que promova boa aderência pneu-pavimento. Os principais resultados obtidos levaram à conclusão de que o método desenvolvido em laboratório foi consistente no aspecto de microtextura entre campo e laboratório.

PALAVRAS-CHAVE: aderência, granulometria, macrotextura, microtextura.

ABSTRACT

A difficulty that affects pavement contractors regarding road safety is to achieve minimum values of surface friction required for the pavement in the field. In situations where the friction parameters are controlled, oftentimes the pavement needs to be re-constructed when the micro and macrotexture do not meet the required values. This is a problem only observed during the construction phase. The aim of this study is to investigate in the laboratory during the design what percentage of aggregate passing on different sieves is necessary in order to obtain an asphalt mix that promotes good friction between the tire and the surface course. The main results obtained led to the conclusion that the methodology developed in the laboratory was consistent in the aspect of microtexture between field and laboratory.

KEY-WORDS: friction, gradation, macrotexture, microtexture

1. INTRODUÇÃO

Um bom pavimento é constituído de diversas camadas, sendo que para cada uma delas é selecionado um material de acordo com a função estrutural que será exercida. Na camada final, dita de rolamento, há também uma preocupação funcional, ou seja, relativa à qualidade da dirigibilidade sobre a mesma. Alguns aspectos relacionados ao conforto e à segurança estão diretamente ligados à textura do revestimento: hidroplanagem, aderência pneu-pavimento, *spray* d'água, ruído, reflexos noturnos, etc. Segundo a PIARC (*Permanent International Association of Road Congress*) a textura pode ser dividida em três classes: macrotextura, microtextura e megatextura. A macrotextura depende da granulometria da mistura utilizada na camada de rolamento; a microtextura depende do agregado e sua textura superficial; e a megatextura está ligada aos desvios da superfície causada pelas deformações permanentes, panelas, remendos e fissuras de maiores dimensões (Lay, 1998).

Muitos acidentes de trânsito ocorrem devido à má condição da camada de rolamento das rodovias, além da ocorrência de chuvas que podem provocar a falta de visibilidade e a perda da aderência pneu-pavimento. Alguns revestimentos são construídos com a finalidade de aumentar o atrito e promover a drenabilidade, como é o caso da CPA (Camada Porosa de Atrito). Pesquisas apontam que as mudanças nas propriedades dos agregados e na granulometria podem afetar a micro e a macrotextura em relação à aderência do pavimento (Stroup-Gardiner *et al.*, 2001). Parâmetros relacionados aos agregados tais como textura, angularidade e forma são determinados através de ensaios laboratoriais e do Processamento

Digital de Imagens (PDI). Entretanto, o parâmetro de aderência não é tradicionalmente verificado em laboratório, apenas em campo quando o revestimento já está sendo executado. A finalidade do presente trabalho é contribuir na investigação, ainda em laboratório na fase de projeto, por meio de um método, sobre o efeito da granulometria (considerando o percentual passante em diferentes peneiras) na aderência em campo de misturas asfálticas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A textura da superfície do pavimento é caracterizada de acordo com o grau de aspereza do pavimento. Os dois níveis que mais afetam a aderência são a macro e a microtextura, e podem ser observados na Figura 1 (Henry, 2000). A macrotextura depende da granulometria dos agregados, da configuração geométrica individual dos agregados e do processo de compactação (Lay, 1998). Esta pode ser classificada como aberta e fechada. A microtextura depende da textura superficial dos agregados e pode ser classificada como rugosa ou polida.



Figura 1: Diferença entre macrotextura e microtextura (Bernucci *et al.*, 2010).

Uma microtextura adequada é função da resistência ao polimento dos agregados. Além da textura, a forma e o tamanho das partículas são características dos agregados relacionados à resistência a derrapagem. A capacidade de um agregado resistir ao polimento durante a ação do tráfego é um fator importante, mas este é, frequentemente, ignorado na consideração da sua utilização na pavimentação. Abdul-Malak *et al.* (1996) indicaram que os agregados graúdos localizados na superfície são os principais responsáveis pela textura superficial do pavimento. De acordo com Stroup-Gardiner *et al.* (2001), a macrotextura está diretamente relacionada com o Tamanho Máximo Nominal (TMN) dos agregados, ou seja, quanto maior for o TMN dos agregados, maior será o valor de macrotextura. Segundo Aps (2006), quanto maior for o tamanho dos agregados, melhores serão as características de resistência ao deslizamento e melhor será a macrotextura.

De acordo com NCHRP 108 (2009), a porcentagem do material passante entre as peneiras de 3/8" (9,5mm) e n°8 (2,36mm) influencia a macrotextura de misturas asfálticas bem-graduadas. O aumento da quantidade de material passante entre essas peneiras reduz a macrotextura. Geralmente, a quantidade de agregados passantes nesses diâmetros depende do tipo de mistura (granulometria densa, aberta, entre outros). Para aumentar a macrotextura, deve-se utilizar os valores do limite inferior das faixas recomendadas pelos órgãos rodoviários.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O método desenvolvido neste estudo objetivou comparar a micro e a macrotextura de misturas asfálticas investigadas em campo com aquelas produzidas em laboratório. Esta foi planejada visando criar um procedimento de laboratório que possibilitasse inferir a macro e a microtextura que a mistura projetada teria em campo. Nas poucas ocasiões nas quais se examinam estes aspectos relativos ao atrito, a compactação em laboratório é feita por equipamentos como mesas compactadoras. Trata-se, portanto, de um procedimento restrito a

poucos laboratórios no país. A estratégia da presente pesquisa foi de possibilitar que a compactação para o estudo da textura superficial das misturas pudesse ser efetuada em equipamentos simples, acessíveis a qualquer laboratório.

Uma programação de ensaios de laboratório e de campo foi estabelecida para a validação do método conforme é detalhado em Rodrigues (2013). A programação envolveu as seguintes etapas:

- coleta da massa asfáltica em campo com o objetivo de verificar o método proposto em laboratório;
- ensaios de pêndulo britânico (ASTM E-303-93, 1998) e mancha de areia (ASTM E 965, 2001) com o objetivo de determinar a micro e a macrotextura em campo e em laboratório;
- comparação das texturas das misturas asfálticas compactadas em campo e em laboratório;
- avaliação das granulometrias das misturas asfálticas estudadas de modo a avaliar o seu efeito na aderência pneu-pavimento.

3.1 Locais de estudo

Nesta pesquisa os seguintes dez trechos de campo, todos localizados no estado do Ceará, serviram como base de dados para o desenvolvimento do método: (I) BR 116 - CE km30, (II) CE 522/Acesso à Washington Soares, (III) Rua Ademar Paula, (IV) Av. Alberto Craveiro, (V) BR 222 - CE km11, (VI) BR 222/Sobral, (VII) Túnel/Iguatemi, (VIII) CE 060/Rodovia Mendel Steinbruch, (IX) Kartódromo Júlio Ventura e (X) Pátio da Arena Castelão. A escolha dos trechos recaiu sobre obras de pavimentação sendo executadas no Estado no período (2012-2013) correspondente ao estudo.

3.2 Granulometria das misturas utilizadas nos trechos monitorados

As superfícies ensaiadas em campo foram de Concreto Asfáltico (CA) nas faixas B e C do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). O traço das misturas foi estudado de modo a verificar a influência do mesmo nas características de aderência pneu-pavimento. O traço da mistura utilizada no trecho VIII foi o mesmo usado no trecho X, ou seja, nove granulometrias foram estudadas. A Figura 2 apresenta as granulometrias separadas por faixas B e C do DNIT.

3.3 Compactação: campo *versus* laboratório

A compactação seguiu os procedimentos tradicionais de campo para todos os trechos: inicialmente com rolos compactadores pneumáticos e, em seguida, com rolos compactadores lisos de aço. Realizaram-se, nos trechos avaliados, os ensaios de pêndulo britânico e de mancha de areia nas trilhas de roda dos revestimentos dos trechos, excetuando-se o trecho X por ser tratar de um pátio de estacionamento.

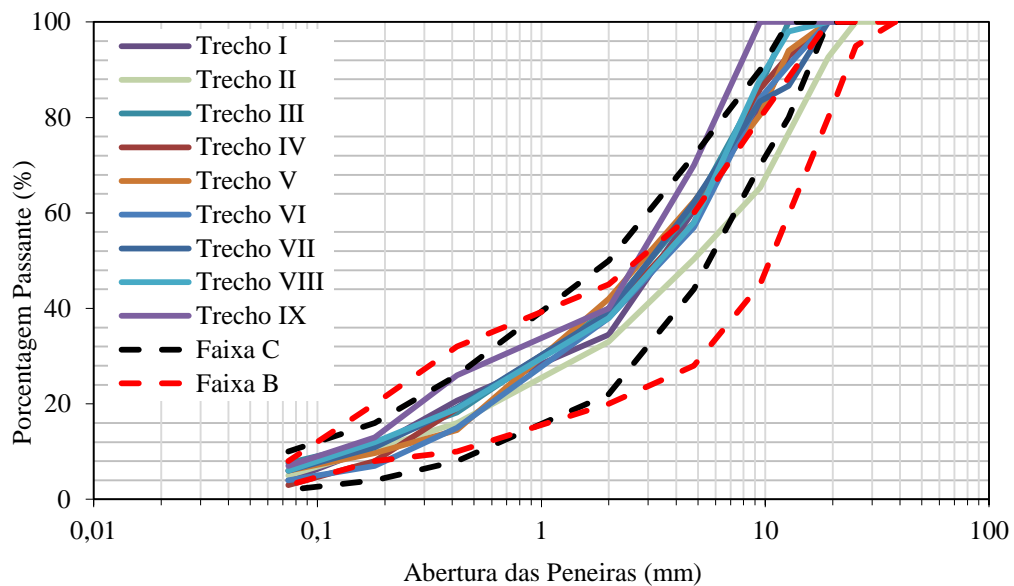


Figura 2: Granulometrias das 9 misturas, (8 na Faixa C e 1 na Faixa B do DNIT).

O procedimento de compactação desenvolvido em laboratório baseou-se na pesquisa realizada por Pereira (2010a) para Tratamento Superficial (TS). Esse procedimento consiste em usar um cilindro preenchido por concreto, pesando cerca de 55kg, passando sobre as amostras de TS para acomodação dos agregados. Para maiores detalhes sobre essa metodologia ver, também, Pereira (2013). Utilizando o mesmo cilindro descrito, as amostras de CA foram confeccionadas para avaliação da compactação em laboratório. Nesse processo a pressão do cilindro, a cada passada, é sempre a mesma. O método desenvolvido está descrito a seguir e pode ser observado na Figura 3.

- Primeiramente, preparou-se um molde circular de ferro (286mm de diâmetro e 20mm de altura) sobre uma manta asfáltica (material impermeabilizante à base de ligante asfáltico modificado com polímero) com função de apoio para receber misturas com TMN de agregados com até 20mm, Figura 3(a). O molde circular foi adotado nesta pesquisa devido ao fato desta metodologia ser baseada na pesquisa de Pereira (2010a) a qual utilizava amostras circulares para serem ensaiadas no *wet track abrasion test* (WTAT). A maior dificuldade detectada em laboratório foi a aplicação de misturas de TMN maiores do que a espessura do molde, pois os agregados saltaram para a superfície, conseqüentemente, falseando os resultados. A verificação do TMN dos agregados e a espessura do molde são importantes para a adequação da superfície final da amostra. É indicado que a espessura da amostra para CA seja igual a 20mm ou superior, dependendo do TMN dos agregados;

- Pesaram-se 3.000g da massa asfáltica coletada em campo e, em seguida, a mesma foi posta na estufa até atingir a mesma temperatura daquela aplicada em campo, aproximadamente 155°C. O molde também foi aquecido à mesma temperatura. A temperatura ambiente de laboratório foi de aproximadamente 20°C;

- Ao atingir a temperatura, a massa asfáltica foi espalhada uniformemente no conjunto (molde + manta) (Figura 3a) e compactada utilizando o cilindro, como apresentado na Figura 3b. Executou-se 15 passadas do (Figura 3c) cilindro na amostra. O número de passadas foi

determinado ao observar que, após 15 passadas, a textura (Figura 3d) da amostra não se alterava mais. O critério de definição do número de passadas foi apenas visual;

- Após a compactação em laboratório, realizaram-se os ensaios de pêndulo britânico (Figura 3e) e de mancha de areia (Figura 3f) para fins de comparação com a micro e a macrotextura obtidas por estes ensaios em campo. Devido às amostras apresentarem uma dimensão restrita, o volume de 25cm³ de areia no ensaio de mancha foi reduzido em laboratório pela metade, isto é, 12,5cm³, como realizado por Pereira (2010b) e Maillard-Nunes (2008).



Figura 3: Procedimento para confecção de corpos de prova em laboratório proposto na presente pesquisa para a realização do ensaio de aderência

4. RESULTADOS

4.1 Comparação da metodologia de compactação: campo *versus* laboratório

O número de amostras avaliadas em laboratório foi determinado de acordo com a quantidade disponível de massa asfáltica trazida de campo, sendo geralmente cinco amostras por trecho. Adotou-se a classificação de macro e de microtextura do DNIT. As Figuras 4 e 5 apresentam gráficos de comparação dos dados de micro e de macrotextura do campo e de laboratório. Os dados foram organizados de maneira que os valores de média máximos e mínimos de campo fossem comparados também com os valores de média máximos e mínimos de laboratório.

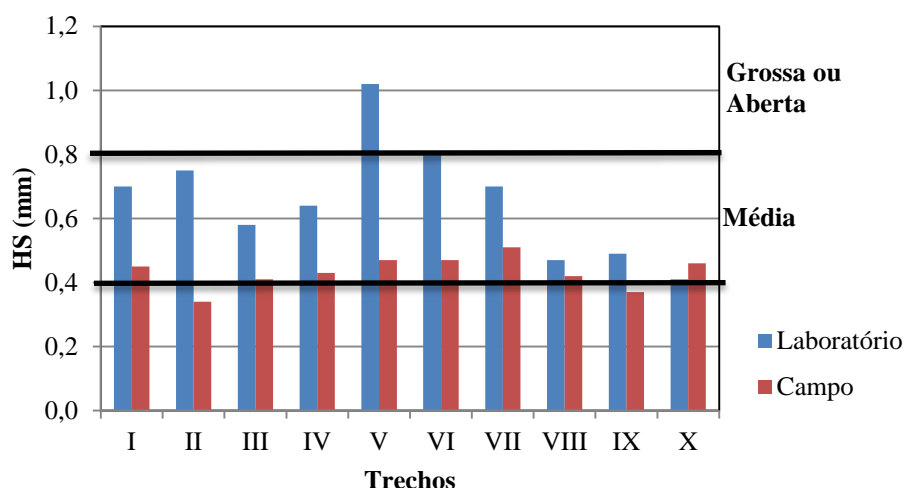


Figura 4: Comparação dos dados de macrotextura (HS): campo *versus* laboratório

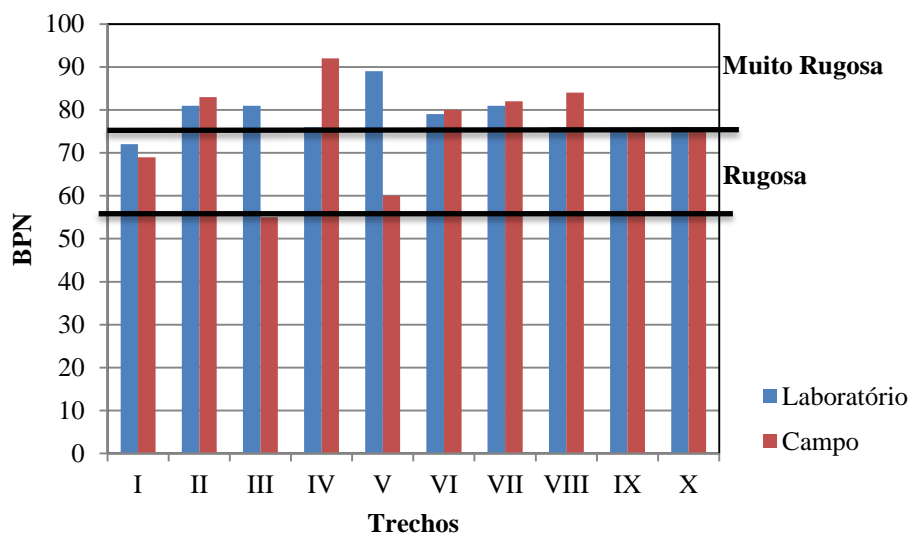


Figura 5: Comparação dos dados de microtextura (BPN): campo *versus* laboratório

A maioria dos trechos estudados apresentou as médias dos resultados do ensaio de mancha de areia das amostras em laboratório maior quando comparadas às médias dos resultados do ensaio de mancha de areia realizados nas superfícies em campo (Figura 4). Ou seja, a macrotextura das amostras em laboratório foi mais grossa ou mais aberta do que a macrotextura encontrada em campo. Observe-se que as espessuras das amostras em laboratório influenciaram os resultados de macrotextura.

Em relação ao ensaio de pêndulo britânico, a Figura 5 mostra que as médias dos resultados dos ensaios das amostras realizados em laboratório foram maiores quando comparadas às médias dos valores dos ensaios realizados nas superfícies em campo dos trechos III e V. Ou seja, a microtextura das amostras em laboratório foi mais rugosa do que a microtextura das superfícies em campo. As médias dos resultados do ensaio de pêndulo britânico das amostras em laboratório foram semelhantes às médias dos resultados da superfície em campo dos trechos I, II, VI, VII, IX e X. Os trechos VI, VII e IX tiveram seus resultados de campo e de

laboratório com dispersão de apenas 1%. As médias dos resultados de microtextura em campo foram maiores 22% e 11%, respectivamente, comparadas às médias dos resultados de laboratório para as amostras dos trechos IV e VIII. Em resumo, no que diz respeito à microtextura, o resultado de laboratório foi superior em dois trechos, igual ao de campo em seis trechos, e inferior em dois trechos.

A mistura aplicada no trecho VIII foi também aplicada no trecho X. Esperou-se que os resultados de campo e de laboratório destes dois trechos produzissem o mesmo valor de microtextura. Não era esperado que os resultados de macrotextura fossem necessariamente iguais devido às variações principalmente de equipamentos e de temperatura, tanto da massa asfáltica como do ambiente. Ao comparar os resultados de microtextura de campo dos dois trechos citados, verificou-se que o valor de microtextura do trecho VIII foi maior quando comparado ao valor de microtextura do trecho X. Atribuiu-se o elevado valor do trecho VIII ao curto espaço de tempo entre a compactação da massa asfáltica e a realização do ensaio de pêndulo britânico. Como o ensaio foi realizado antes do completo resfriamento do revestimento, o ligante aderiu à sapata do pêndulo britânico dificultando o deslizamento fazendo com que os resultados fossem 12% maiores do que o esperado. Porém, os resultados de laboratório dos dois trechos foram bem próximos, conforme esperado.

As Figuras 6 e 7 apresentam a distribuição dos dados de microtextura de campo e de laboratório de todos os trechos ensaiados com relação à chamada “linha de igualdade”. O gráfico é composto por valores encontrados em laboratório localizados no eixo das abscissas e por valores encontrados em campo do mesmo parâmetro localizados no eixo das ordenadas. Quanto mais próximos os pontos estiverem da reta de igualdade, mais consistente será a relação entre campo e laboratório, ou seja, o método adotado em laboratório seria validado.

A Figura 6 apresenta os resultados de microtextura de campo e de laboratório de todos os trechos estudados. Os trechos I, II, VI, VII, IX e X apresentaram os melhores resultados no que diz respeito à consistência pretendida. As amostras destes trechos foram elaboradas em laboratório com 20mm de espessura, o que se descobriu posteriormente ser um mínimo necessário. Os resultados dos trechos IV e VIII (acima da reta), e dos trechos III e V (abaixo da reta) se deveram às amostras destes trechos terem sido elaboradas com apenas 10mm de espessura no início do estudo. Portanto, a espessura das amostras influenciou nos resultados de microtextura em laboratório, já que os agregados penetrarão mais na mistura se a espessura for maior, levando a uma acomodação dos mesmos.

A Figura 7 apresenta a distribuição dos dados com relação à macrotextura de campo e de laboratório de todos os trechos ensaiados com relação à “linha de igualdade”. A maioria dos resultados de macrotextura em laboratório foi superior aos resultados de macrotextura encontrados em campo, ou seja, a macrotextura das amostras em laboratório foi mais grossa ou mais aberta do que aquela obtida para a superfície em campo na maioria dos casos, conforme mencionado anteriormente. É possível que a energia de compactação, a área e a espessura restrita do molde utilizado tenham influenciado nos resultados de macrotextura em laboratório. Os pontos dos diversos trechos ficaram muito próximos uns dos outros, devido às granulometrias serem parecidas, afinal é padrão no Ceará o uso da faixa C do DNIT. No que diz respeito à macrotextura, não houve propriamente uma tendência quando se comparam todos os resultados de campo e de laboratório. Contudo, dos dez trechos estudados, apenas

três (II, V e IX) não obtiveram a mesma classificação de macrotextura em campo e em laboratório.

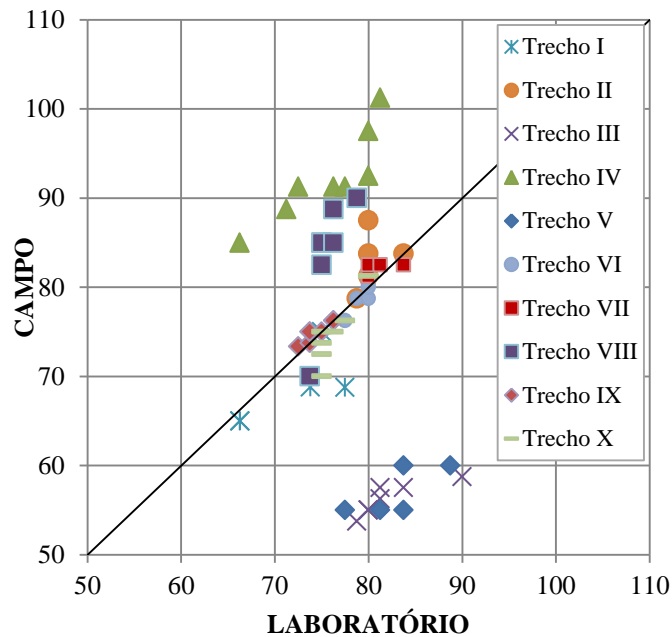


Figura 6: Comparação dos dados de microtextura: campo *versus* laboratório dos trechos estudados e amostras de laboratório com 20 e 10mm de espessura

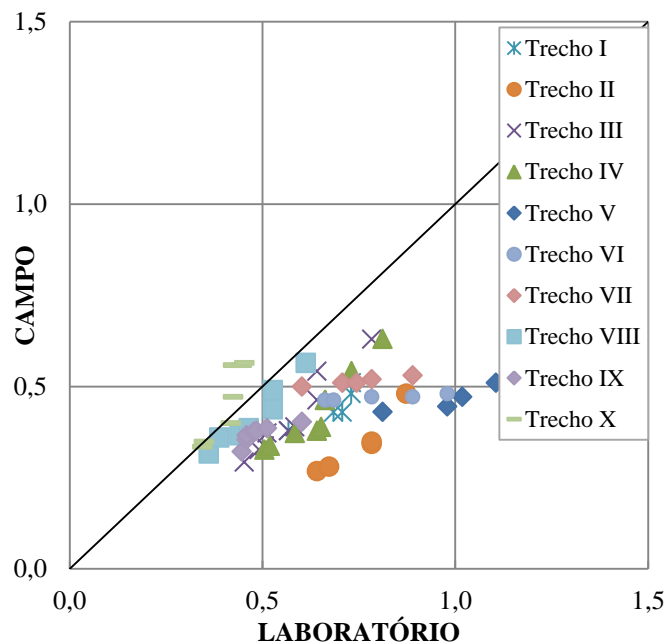


Figura 7: Comparação dos dados de macrotextura: campo *versus* laboratório dos trechos estudados e das amostras de laboratório com 20 e 10mm de espessura

4.2 Análise das granulometrias das misturas asfálticas dos trechos estudados

As granulometrias das misturas utilizadas nos trechos avaliados foram analisadas a fim de se verificar a influência das mesmas nas propriedades de micro e de macrotextura das superfícies dos revestimentos destes trechos. Primeiramente, foi realizado o ranqueamento dos trechos quanto à micro e à macrotextura e, em seguida, foi feita a análise das frações retidas em cada peneira para as granulometrias das misturas asfálticas.

A Figura 8 apresenta as médias dos dados dos resultados dos ensaios com o pêndulo britânico realizados nos trechos monitorados em campo. Todos os trechos apresentaram valores satisfatórios de microtextura, considerando os valores limites de atrito como sendo uma superfície medianamente rugosa (BPN = 47). A microtextura está ligada a mineralogia e as propriedades dos agregados, entretanto tais características e as fontes mineralógicas desses agregados não foram investigadas nesta pesquisa. O revestimento do trecho IV apresentou a melhor microtextura. Constatou-se que esta mistura foi composta por material fresado, o que pode indicar o poder deste constituinte com relação à elevar a microtextura de um revestimento. Portanto, deve-se realizar um estudo mais detalhado com relação às propriedades dos agregados fresados. Ressalta-se que após a remoção do ligante pelo tráfego, o *ranking* pode ser alterado.

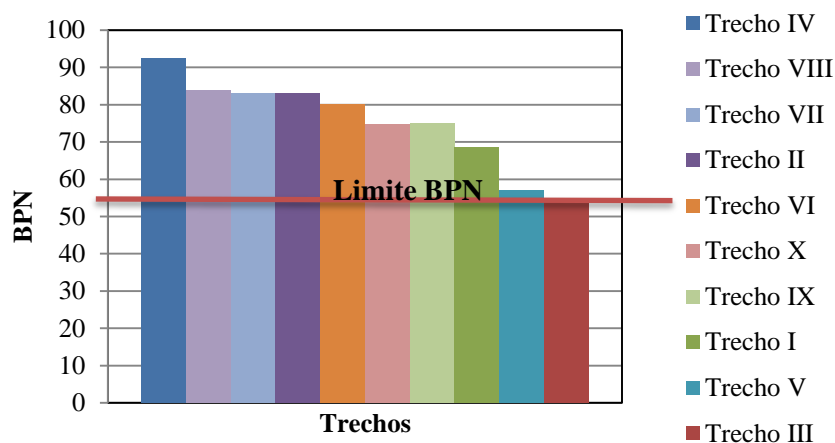


Figura 8: *Ranking* da microtextura dos trechos em campo

A mesma análise foi realizada para os dados de mancha de areia realizados em campo (Figura 9). Todos os trechos apresentaram valores abaixo do recomendado pelo DNIT (HS = 0,6mm).

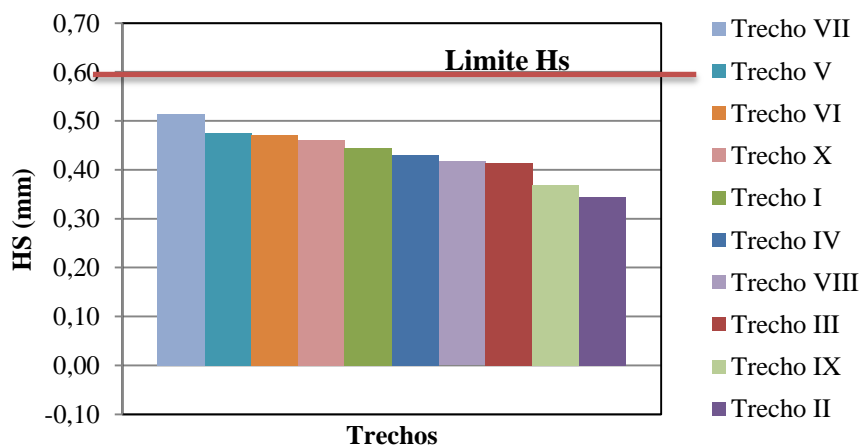


Figura 9: *Ranking* da macrotextura dos trechos em campo

O passo seguinte foi avaliar as porcentagens de material retido em cada fração de peneira em relação à macrotextura. Com base na NCHRP 108 (2009) que diz que as peneiras 3/8" (9,50mm) e n°8 (2,36mm) influenciam mais a macrotextura, resolveu-se investigá-las neste estudo, além da peneira 1/2" para ampliar o espectro de peneiras. A Tabela 1 apresenta as porcentagens de material passantes em cada peneira para todas as misturas estudadas com a respectiva classificação de granulometria em graúda ou miúda segundo a AASHTO M 323 (2012) ver mais detalhes em Rodrigues, 2013. A peneira n°8 (norte-americana) foi adaptada para a n°10 (usada no Brasil).

Tabela 1: Porcentagem de agregados passantes das misturas estudadas

Peneiras	Trecho								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII*	IX
1"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
3/4"	100,0	92,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1/2"	92,8	-	100,0	93,0	94,0	91,0	86,6	98,0	100,0
3/8"	81,9	65,3	86,5	86,0	80,6	84,0	83,4	88,0	100,0
n°4	60,5	50,3	61,2	58,0	62,4	57,0	62,2	58,0	70,0
n°10	34,5	33,0	39,7	39,0	42,0	38,0	39,0	38,0	40,0
n°40	20,7	16,0	18,2	19,0	14,5	15,0	19,2	19,0	26,0
n°80	11,0	10,5	11,9	8,0	9,7	7,0	10,9	12,0	13,0
n°200	4,0	5,0	7,6	3,0	6,0	4,0	6,0	6,0	7,0
Classificação									
AASHTO	Graúda	Miúda	Miúda	Graúda	Miúda	Graúda	Miúda	Miúda	Graúda
M323 (2012)									

*granulometria do trecho VIII igual a granulometria do trecho X.

Primeiramente, analisaram-se as granulometrias em dois blocos: TMN e classificação graúda/miúda de acordo com a AASHTO M323 (2012). Compararam-se entre si as granulometrias com o mesmo TMN de agregado e, depois, compararam-se entre si somente as granulometrias classificadas como graúdas ou miúdas. Em seguida, analisou-se a quantidade de material retido entre as peneiras n°10 e 1/2" de cada granulometria.

Para as granulometrias com TMN de 19,1mm (II e VII), observou-se que os dois trechos apresentaram a mesma classificação de granulometria (miúda). Entretanto, cada trecho situou-se na extremidade oposta de acordo com o *ranking* da Figura 9. O trecho VII obteve a macrotextura mais grossa (0,51mm) comparada ao trecho II (0,34mm). Ao analisar a porcentagem de material retido entre as peneiras de n°10 e 1/2", observou-se que o trecho VII possuía cerca de 47% e o trecho II possuía 59,3%.

Para as granulometrias com TMN de 12,7mm (I, III, V, e VIII), somente a granulometria do trecho I foi classificada como graúda. Esperava-se que a granulometria classificada como graúda apresentasse macrotextura mais grossa em relação às demais com o mesmo TMN, o que não foi observado. Compararam-se as granulometrias classificadas como miúdas (V, III, e VIII) observando-se que o trecho V gerou a macrotextura mais grossa quando comparada à macrotextura dos trechos III e VIII. Analisou-se a porcentagem de material retido entre as peneiras mencionadas e observou-se que a granulometria do trecho V continha aproximadamente 52% entre as peneiras n° 10 e 1/2", sendo que tanto a granulometria do

trecho III como a granulometria do trecho VIII possuíam cerca de 60% das partículas localizadas entre estas peneiras.

Para as granulometrias com TMN de 9,5mm (IV, VI e IX), todos os trechos apresentaram a mesma classificação de granulometria (gráuda). O trecho VI apresentou macrotextura mais grossa em relação às demais estudadas de mesmo TMN. A porcentagem de material retido entre as peneiras nº 10 e 1/2” das granulometrias dos trechos IV, VI e IX foram de 54%, 53% e 60%, respectivamente.

Em resumo, esperava-se que, quanto maior fosse o TMN, maior seria a colocação no *ranking*, o que não foi observado. Além disso, esperava-se que as granulometrias classificadas como gráudas (AASHTO M323, 2012) também gerassem a macrotextura mais grossa em relação às granulometrias classificadas como miúdas, o que também não foi observado.

Em relação à quantidade de material retido entre as peneiras nº10 e 1/2”, notou-se que as misturas com menor quantidade de material retido entre estas peneiras apresentaram macrotextura mais grossa ou aberta. Os resultados indicam que quanto menor for a quantidade de material retido entre as peneiras 1/2” e nº10, mais aberta tende a ser a macrotextura

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O método proposto foi capaz de reproduzir satisfatoriamente a microtextura de campo em laboratório, por depender do agregado coberto por ligante. Entretanto, com relação à macrotextura, a maioria dos resultados de campo e de laboratório não seguiu uma tendência. Neste tipo de método deve ser levada em conta a espessura da amostra, uma vez que a mesma, claramente, afetou os resultados, sendo importante que a espessura tenha pelo menos duas vezes ou mais o TM utilizado, o grau de compactação e a dimensão da amostra. Os revestimentos novos estudados com granulometrias enquadradas na faixa C do DNIT não atingiram o limite mínimo de macrotextura estabelecido pelo próprio órgão rodoviário. A média de HS foi de 0,43mm para CA no início de sua vida útil, quando os limites devem estar entre 0,6 e 1,2mm. Em relação às medidas geradas no ensaio de pêndulo britânico, todos os trechos atenderam ao limite mínimo recomendado pelo DNIT, qual seja, de 47. É importante observar que o TMN dos agregados presentes nas granulometrias não influenciou na macrotextura dos revestimentos estudados, o que é corroborado por parte da literatura internacional como o estudo desenvolvido por Stroup-Gardiner *et al.* (2001). O que realmente influenciou neste parâmetro foi a quantidade de material retido entre as peneiras nº10 e 1/2”, sendo estas as peneiras que devem ser observadas com maior cautela para obtenção da aderência desejada. Ressalta-se que, a influência das referidas peneiras vale apenas para misturas bem-graduadas. Recomenda-se para pesquisas futuras a avaliação do método proposto nesta pesquisa com investigação na determinação do Volume de Vazios e da densidade das amostras, além de novos testes com moldes de amostras com diferentes formas e tamanhos.

Agradecimentos

Os autores registram o agradecimento à Profa. Verônica Castelo Branco da UFC pelas contribuições na banca de mestrado da aluna e na revisão deste artigo. Agradecimentos também são devidos à FINEP e à Petrobras pelo financiamento das Redes Asfalto N/NE e Temática, no âmbito das quais o presente estudo foi possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials *M 323 Standard Specification for Superpave Volumetric Mix Design*, 2012.

- ABDUL-MALAK, M.A.U.; FOWLER, D.W.; CONSTANTINO, C.A. *Aggregate Characteristics Governing Performance of Seal Coat Highway Overlays*. Transportation Research Record 1547, Transportation Research Board, Washington, D.C, 1996.
- ASTM - American Society for Testing and Materials E 303-93 – Standard Test Method for Measuring Surface Friction Properties Using the British Pendulum Tester, 1998.
- ASTM - American Society for Testing and Materials E965 – Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique, 2001.
- APS, M. *Classificação da Aderência Pneu-Pavimento pelo Índice Combinado IFI – International Friction Index para Revestimentos Asfálticos*. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- BERNUCCI, L. B.; CERATTI, J. A. P.; MOTTA, L. M. G.; SOARES, J. B. *Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros*. PETROBRAS, ABEDA, Rio de Janeiro, 2010.
- HALL, J.W., SMITH, K.L., TITUS-GLOVER, L., WAMBOLD, J.C., TAGER, T.J. e RADO, Z. *Guide for Pavement Friction, NCHRP Web-Only Document 108*. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), Washington, D.C., 2009.
- HENRY, J.J. *Evaluation of Pavement Friction Characteristics*, NCHRP Synthesis 291, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), Washington, D.C., 2000.
- LAY, J. B. C. *Friction and Surface Texture Characterization of 14 Pavement Test Sections in Greenville, North Carolina*. Transportation Research Record 1639, North Carolina, USA, 1998.
- MAILLARD-NUNES, P.; BROSSEAUD, Y.; DO, M-T.; MARSAC, P.; BERNUCCI, L.L.B.; QUINTANILHA, J.A. *Characterization of in Laboratory and in Situ Macrotexture of a BBTM 0/6 Mixture and Description of its Indicators*. Transportation Research Record 7, Transportation Research Board, TRB, National Research Council, Washington, D.C, 2008.
- RODRIGUES, A.C. *Avaliação da Influência da Granulometria na Aderência Pneu-Pavimento*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2013.
- STROUP-GARDINER, M., STUDDARD, B. e WAGNER, C. *Influence of Hot Mix Asphalt Macrotexture on Skid Resistance*. Auburn University. Civil Engineering Department. USA, 2001.
- PEREIRA, S.L.O. *Avaliação de Tratamentos Superficiais de Rodovias através de Análise de Laboratório*. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010a.
- PEREIRA, C.A. *Análise da Aderência Pneu-Pavimento em Rodovias dos Estados de Pernambuco e da Paraíba com Elevado Índice de Acidentes*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, 2010b.
- 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 (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

Amanda Cavalcante Rodrigues (amanda@det.ufc.br)

Jorge Barbosa Soares (jsoares@det.ufc.br)

Suelyly Helena de Araújo Barroso (suelyly@dey.ufc.br)

Departamento de Engenharia de Transportes, Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará
Campus do Pici, s/n Bloco 703 CEP 60455-760 – Fortaleza, CE, Brasil