

IAG312-08-2013
ASFALTOS DE BAIXA PENETRAÇÃO PARA MISTURAS DE ALTO
MÓDULO
ASFALTOS DE BAIXA PENETRACION PARA MESCLAS DE ALTO
MÓDULO

Humberto Rui Cardoso do Nascimento
CAP Customização em Asfaltos e Pavimentos
Salto, Brasil
humberto@capservice.com.br

Resumen

La expansión de las cargas que actúan sobre los pavimentos y la observación de que las bases convencionales para carreteras sometidas a tráfico pesado tienen limitaciones de rendimiento, ha dado lugar a nuevas investigaciones para uso de ligantes asfálticos de baja penetración, que sirven para la producción de mezclas de alto módulo. La obtención de aglutinantes que pueden proporcionar estas características depende de factores relacionados con el tipo de asfalto primario disponible para este propósito y características de los agregados, el diseño de pavimento y el tipo de equipo disponible para su uso en el sitio de obra. El desarrollo de ligantes granulares permite su uso directamente en el proceso de producción de la mezcla de asfalto, cuando va a ser incorporado en el ligante principal. La viabilidad de esta técnica implica que el grado de modificación del asfalto es demasiado alto debido a que el contenido de asfalto utilizado es la composición de aglutinante que se inyecta en la planta en forma líquida y caliente, complementado por una fracción granular de aglutinante a temperatura ambiente, pero que proporcionará las características finales definidos para la mezcla de alto módulo. Los ensayos comparativos de resistencia a la deformación a alta temperatura y también su resistencia a la fatiga se realizaron para garantizar que el tiempo transcurrido en la producción de la mezcla de asfalto es suficiente para dispersar el aglutinante granular y promover el cambio de este ligante. La determinación de los módulos resilientes demostró la obtención de valores mucho más altos en comparación con las mezclas convencionales y pueden tener por consecuencia una mayor vida de servicio. Si debe tener en cuenta su rigidez para el diseño de las carpetas del pavimento con el fin de adoptar espesores compatibles con las tensiones generadas por los esfuerzos de tráfico.

Resumo

O grande incremento das cargas atuantes sobre os pavimentos e a observação de que as bases convencionais para pavimentos submetidos a tráfego pesado apresentam limitações de desempenho, tem levado à ampliação das pesquisas para utilização de ligantes asfálticos de baixa penetração, que servirão para a produção de misturas de alto módulo. A obtenção de ligantes que possam proporcionar estas características depende de fatores ligados ao ligante asfáltico primário disponível para esta finalidade e das características dos agregados, do projeto do pavimento e do tipo de equipamentos disponíveis para a sua utilização na obra. O desenvolvimento de ligantes

granulares permite sua utilização diretamente no processo de produção da mistura asfáltica, ocasião em que será incorporado ao ligante primário. A viabilidade desta técnica implica que o grau de modificação deste asfalto seja muito elevado pois o teor de asfalto utilizado na mistura será uma composição de ligante primário injetado na usina na forma líquida e aquecido, complementado por uma fração de ligante granular em temperatura ambiente, mas que proporcionarão ao final da usinagem as características definidas para a mistura de alto módulo. Ensaio comparativos de resistência à deformação em alta temperatura e também sua resistência à fadiga foram realizados de forma a garantir que o tempo decorrido no processo de produção da mistura asfáltica é suficiente para a dispersão do ligante granular e a efetiva modificação da fração de ligante primário utilizada. A determinação dos módulos resilientes demonstrou a obtenção de valores muito maiores se comparados com as misturas convencionais, podendo-se prever ganhos em termos de vida útil. A sua rigidez deve ser levada em conta no momento do dimensionamento das camadas do pavimento de forma a se adotarem espessuras compatíveis com as tensões geradas pelos esforços do tráfego.

INTRODUÇÃO

A partir da década de 1980, especialmente na França, misturas asfálticas denominadas como Concreto Asfáltico de Alto Módulo passaram a ser pesquisadas e utilizadas na restauração de pavimentos antigos em função de suas características de resistência à deformação permanente e vida de fadiga; devido ao mecanismo de resposta às tensões geradas pelo tráfego nestas misturas. Posteriormente passaram a ser utilizadas em bases de pavimentos novos por possibilitar espessuras da estrutura global do pavimento mais esbeltas que as tradicionais especialmente em áreas submetidas a tráfego pesado, lento e canalizado (Santos et al.,2003)

De acordo com as especificações mais difundidas na Europa e América, as misturas de alto módulo são constituídas por granulometrias contínuas tipicamente compostas por proporções equivalentes de agregados graúdos maiores que 10 mm; agregados de tamanho intermediário normalmente entre 2 mm e 10mm complementados por agregados menores que 2 mm e com percentual de finos passantes na peneira 200 entre 8 e 10 por cento. O tamanho máximo do agregado vai depender da espessura adotada para a camada de concreto asfáltico de alto módulo prevista no projeto de dimensionamento.

A quantidade de ligante asfáltico dependerá das características da granulometria e da natureza do agregado mas se situam entre cinco e seis por cento em peso na mistura. Há também fatores adicionais que precisam ser verificados para a determinação da espessura da camada de Concreto Asfáltico de Alto módulo tais como as características do clima no local da obra, as condições de drenagem do pavimento e as tensões e deformações esperadas em função do tráfego atuante além das características do sub leito da obra (Harold e Fugro,2001).

Os módulos obtidos nestas misturas dependerão da estrutura dos agregados mas também das características do ligante asfáltico adotado sendo que usualmente asfaltos com menores penetrações vão produzir misturas de maior rigidez sendo que a penetração desses asfaltos normalmente se situa entre 10dm e 30dm. Diversos tipos de modificadores de asfalto e de processos para obtenção de ligantes com estas características podem atender a estas performances

e foram objeto de extensas pesquisas em laboratório e pistas teste com auxílio de simuladores de tráfego. (Cortifi, Brosseau et al, 1999)

ESTUDO DOS MATERIAIS

Ligante Asfáltico

Os agentes químicos e físicos capazes de promover alterações reológicas nos ligantes asfálticos já tem inúmeras linhas de desenvolvimento, passando por procesos de desasfaltação, procesos de sopragem para acarretar a oxidação controlada do asfalto, modificação por polímeros com características plastoméricas, adição de asfaltitas e também modificação por agentes não poliméricos.(Magalhães, 2004). Descrevemos aqui a utilização de um ligante modificado por agentes não poliméricos, constituídos por um coquetel de materiais de elevada acidez, que em reação com o ligante asfáltico alteram sobremaneira suas características químicas e físicas, demonstradas comparando-se seus índices físicos obtidos à partir da modificação de asfalto clasificado por penetração; do tipo 30/4; conforme a tabela 1.

Tabela 1: Características do Asfalto Granular obtido à partir de um Asfalto Tipo 50/70

CARACTERÍSTICAS DO ASFALTO	CAP 30/45	ASFALTO GRANULAR
Penetração	39	8
Ponto de amolecimento (°C)	53	110
Viscosidade Brookfield 135°C	440	2200
Viscosidade Brookfield 150°C	245	1140
Viscosidade Brookfield 177°C	120	660

Nas pesquisas realizadas para a formulação de ligantes que pudessem atender às características desejadas para a produção de Misturas de Alto Módulo foram obtidos resultados satisfatórios à partir da modificação de asfaltos clasificados por penetração do tipo 50/70, com compostos de alta reatividade quando em contato com estes ligantes. As melhores condições de controle dessas reações e produção de ligantes modificados homogêneos foi conseguida com a formação de grânulos de asfalto, conforme mostrado na figura 1.



Figura 1: Aspecto do Asfalto Granular para dosagem na Usina de asfalto

Constatamos que o asfalto granular obtido apresenta penetração muito baixa, ponto de amolecimento bastante elevado e viscosidades também elevadas o que acaba por dificultar a sua utilização em temperaturas usuais durante o processo de usinagem. O ligante também poderia ser dispersado no tanque de asfalto da usina de produção da mistura asfáltica mas isto exige energia térmica e mecânica elevadas para obtenção de um ligante com características homogêneas, sendo que as quantidades de ligante granular a serem dispersas no asfalto básico disponível dependerão das características deste ligante básico e também do grau de penetração que se pretende obter para a produção da mistura asfáltica de alto módulo. Durante o processo de produção da mistura asfáltica aqui em estudo, e obtida a partir de um asfalto do tipo 30/45, definiu-se em laboratório a quantidade de asfalto granular que deveria ser dispersada na mistura asfáltica, junto com o ligante básico para a obtenção de um ligante que tivesse penetração dentro do intervalo 15/25.

Agregados

Para podermos realizar estudos comparativos entre as misturas produzidas com asfaltos convencionais e aquelas misturas obtidas com asfaltos de baixa penetração adotamos uma faixa granulométrica contínua de uso comum nas obras da Prefeitura da cidade de São Paulo denominada Faixa IV e apresentada na figura 2. A natureza mineralógica dos agregados desta região é do tipo Granítica.

PENEIRA		MISTURA	TOLERÂNCIA	FAIXA DE TRABALHO		FAIXA IV PMSP	
Pol.	mm	% PASSANDO		MÍNIMO	MÁXIMO	LIM. INF.	LIM.SUP
1	25	100,00	± 5	100,00	100,00	100	100
3/4	19	99,92	± 5	100,00	100,00	100	100
1/2	12,7	92,80	± 5	88,00	99,80	88	100
3/8	9,5	86,99	± 5	79,99	93,99	78	94
4	4,75	68,99	± 5	63,99	73,99	60	80
8	2,4	48,40	± 5	44,00	53,40	44	60
40	0,42	23,54	± 4	20,00	28,54	20	35
80	0,18	14,30	± 3	12,00	17,30	12	24
200	0,075	8,61	± 2	6,61	10,61	6	12

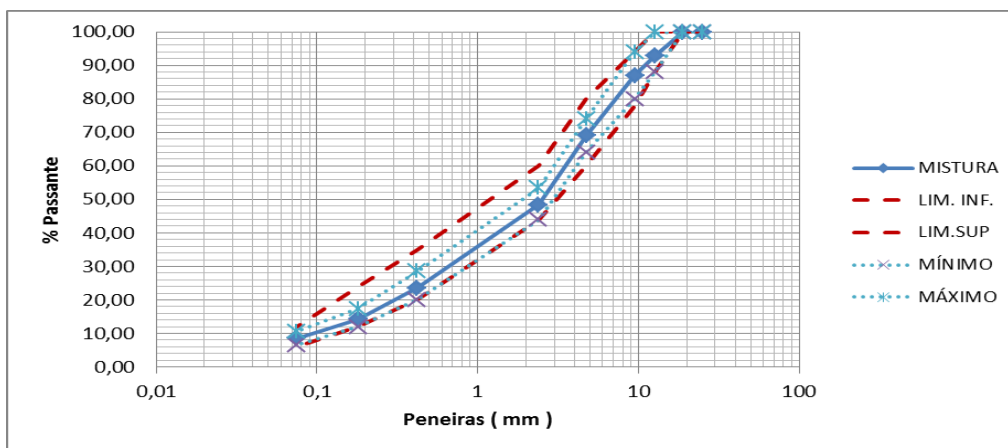


Figura 2: Distribuição Granulométrica para a Faixa IV da Prefeitura de São Paulo

PROJETO DA MISTURA ASFÁLTICA

A dosagens da mistura com asfalto de baixa penetração é apresentada na sequência na tabela 2. Foi utilizada a Metodologia Marshall para obtenção do teor ótimo de asfalto. O teor de asfalto total foi obtido somando-se a contribuição de 80% de asfalto básico do tipo 30/45 e 20% de asfalto granular.

Tabela 2: Resumo dos Resultados da Dosagem marshall

CARACTERÍSTICAS DA MISTURA FAIXA IV PMSP	VALORES OBTIDOS	MÍNIMO	MÁXIMO
Teor de Ligante CAP 30/45+ASFALTO GRANULAR	4,80%	4,60	4,80
Densidade do Ligante	1,034 g/cm ³	-	-
Densidade Aparente(sss) dos Agregados Combinados	2,726	-	-
Densidade Efetiva dos Agregados Combinados	2836 g/cm ³	-	-
Densidade Real Teórica da Mistura	2,487 g/cm ³	-	-
Densidade Real da mistura (sem vazios)- Rice	2,494 g/cm ³	-	-
Densidade Aparentada Mistura Compactada	2,378 g/cm ³	-	-
Teor de Vazios	4,46%	3%	5%
Relação de Betume/Vazios	74,05%	65%	75%
Vazios do Agregado Mineral	17,17%	14%	-
Relação Filler/Betume	0,66%	0,6	1,6
Resistência a Tração por compressão Diametral	13,6 Kg/cm ²	10	-
Estabilidade Marshall	1747 Kg/cm ²	770	-
Fluência	1,9 mm	2,0 mm	4,0 mm
Desgaste por Abrasão Los Angeles	28,00%	-	-

PRODUÇÃO DA MISTURA DE ALTO MÓDULO E RESULTADOS OBTIDOS

A mistura de Alto Módulo foi produzida em uma usina do tipo descontínua, com produção por bateladas, normalmente conhecidas no Brasil como usinas Gravimétricas. Os agregados foram pesados individualmente e dosados no misturador da Usina de asfalto. O ligante asfáltico convencional foi pesado e dosado no misturador numa proporção de 3,85% em peso da mistura

enquanto que a quantidade complementar de asfalto, ou seja, 0,95% em peso da mistura foi injetada no misturador diretamente através de um dispositivo pneumático do equipamento que pesou a quantidade exata em um silo independente disponível no mesmo.

Este ligante na forma de pellets foi misturado então aos agregados e ao ligante convencional, permanecendo por 30 segundos no misturador, tempo este que foi suficiente para dispersar todos os pellets e garantir a sua incorporação ao ligante asfáltico convencional.

A garantia de que houve a homogeneização do ligante peletizado com o ligante convencional se deu através dos ensaios realizados com a mistura asfáltica após a usinagem. O ligante asfáltico resultante foi recuperado pelo método de Abson e suas características são mostradas na tabela 3, onde observamos que suas características estão em concordância com aquelas obtidas no laboratório antes da produção do concreto asfáltico.

Tabela 3: Características do ligante asfáltico resultante após a usinagem

CARACTERÍSTICAS DO ASFALTO RECUPERADO DA MISTURA PELO MÉTODO DE ABSON	LIGANTE RESULTANTE 80% DE CAP 30/45+ 20% DE ASFALTO GRANULAR
Penetração	20
Ponto de amolecimento (°C)	72
Viscosidade Brookfield 135°C	1570
Viscosidade Brookfield 150°C	680
Viscosidade Brookfield 177°C	350

De acordo com as viscosidades obtidas, o tempo de mistura após a dosagem dos ligantes asfálticos ficou estabelecido em 30s, sendo que os agregados foram aquecidos a 180 °C o asfalto 30/45 foi injetado na mistura a uma temperatura de 155°C e o asfalto granular à temperatura ambiente. A mistura asfáltica manteve-se com temperaturas entre 160°C e 165°C durante todo o processo.

O objetivo desta campanha de usinagem foi o de conhecer as necessidades operacionais para o asfalto granular, ou seja, as temperaturas que os componentes da massa asfáltica deveriam manter ao longo do processo, para que tivéssemos a perfeita dispersão desse asfalto granular na mistura, e que também o asfalto resultante deste processo tivesse as características desejadas para um ligante de baixa penetração o que de fato foi obtido.

A usina de asfalto utilizada dispunha de todos os recursos de dosagem requeridos, o que nem sempre é possível. É importante que tenhamos a possibilidade de regular o tempo de mistura úmida, ou seja, aquele tempo de mistura em que todos os componentes da massa asfáltica foram dosados, e ocorrerá apenas a dispersão desses elementos até que se obtenha homogeneidade de características em todo o volume de material que está sendo processado. Adaptações mecânicas e de programação dos sistemas de dosagem das usinas de asfalto podem ser necessários para a perfeita utilização desse processo de obtenção de misturas de elevado módulo.



Figura 3: Detalhe da dosagem do asfalto granular e coletas de amostras para controle tecnológico

Também os ensaios de resistência à tração e de módulo resiliente demonstram que o ligante asfáltico resultante do proceso de usinagem realmente atingiu as características previstas no projeto e estão demonstrados na tabela 4.

Tabela 4: Resistência à tração e módulo resiliente da mistura usinada

RESISTÊNCIA À TRACÃO (COMPRESSÃO DIAMETRAL)	MÓDULO RESILIENTE
1,3 Mpa	12,8 Mpa

Estes resultados estão em linha com as expectativas para este projeto mesmo sendo constatado que valores de módulo mais elevados seriam desejáveis de acordo com as especificações internacionais mais difundidas. A produção de amostras para avaliação em laboratório numa condição operacional real se constituem num fator limitante ao estudo pois a proporção definida entre 80% e 20% respectivamente para os asfaltos convencional e asfalto granular tiveram por origen estudos laboratoriais que necessitam de uma calibração e definição de um fator de correlação para as condições de campo. Um pequeno acréscimo, neste caso de ligante granular já deverá produzir efeitos sensíveis sobre as características estudadas da mistura asfáltica

CONCLUSÕES

Pudemos verificar que a utilização de ligantes granulares obtidos à partir de procesos de modificação das características do ligante asfáltico básico à partir de procesos de incorporação de agentes de alta acidez, produz ligantes bastante duros e que apresentam desta forma limitações operacionais para sua utilização em uma usina de asfalto, dadas as altas temperaturas que seriam necessárias para o seu manuseio.

O proceso de produção desses ligantes porém, permite a sua apresentação para uso em obra na forma de grãos, com tamanhos da orden de 2,5 cm e assim de fácil manipulação no ambiente da usina de asfalto. A sua dosagem porém deverá ser feita de forma concomitante com o asfalto básico disponível na tancagem da usina de asfalto. Quanto maior a proporção de asfalto granular

e também em função das características do ligante básico utilizado, poderemos obter ligantes resultantes do processo que possibilitam a produção de misturas asfálticas de módulo elevado.

Pudemos constatar assim a viabilidade do processo de dispersão do asfalto granular, dentro do misturador da usina de asfalto e , verificando também que o asfalto resultante deste processo, é influenciado pelas características do asfalto granular, ou seja, há de fato no ambiente da zona de mistura da usina, em função das temperaturas presentes.

Complementado também pela disponibilidade de energia mecânica para promover a perfeita dispersão de todos os componentes dessa mistura, existem assim as condições suficientes para que este ligante resultante incorpore de fato os benefícios procurados neste caso, ou seja, a obtenção de um ligante de baixa penetração e com características interessantes para misturas de alto módulo.

Os resultados obtidos com a recuperação do asfalto da mistura usinada quanto aos seus aspectos físicos e também características de desempenho da mistura na forma de sua resistência à tração e módulo resiliente tornam este processo viável sob o aspecto operacional. O fato de se trabalhar com um asfalto granular, e manipulado à temperatura ambiente, dispensa a sua estocagem em tanques específicos para asfalto, tornando viável a produção de quantidades pequenas dessas misturas sem comprometimento da capacidade operacional da usina de asfalto.

REFERENCIAS

Santos,Luís Picado ;Capitão,Silvino D.;Pais, Jorge C. Stiffness Modulus And Phase Angle Prediction Models For High Modulus Asphaltconcrete-IPJ 2003 Vol. 1 May 2003

Harold L. Von Quintus, Fugro-Brent ; Hot-Mix Asphalt Layer Thickness Design for Longer-Life Bituminous Pavements- Transportation Research Circular Number 503 December 2001, Perpetual Bituminous Pavements

Cortffi, JEAN-FRANCOIS; BROSSEAUD YVES, SIMONCELLI, JEAN-PIERRE; CAROFFI, GILBERT- Investigation of Rutting of Asphalt Surface Layers: Influence of Binder and Axle Loading Configuration; TRANSPORTATION RESEARCH RECORD 1436, p. 28-35 ,1999

Magalhães, S. T. 2004 « Misturas Asfálticas de Módulo Elevado para Pavimentos de Alto Desempenho” Tese de mestrado COPPE/UFRJ