

IAG279-01-2013
DESAGREGAÇÃO E PERMEABILIDADE DE CONCRETOS
ASFÁLTICOS DRENANTES COM LIGANTES MODIFICADOS
DESAGREGACIÓN DE CONCRETOS BETUMINOSOS DRENANTES DE
ELEVADA CONSISTENCIA MODIFICADOS POR POLÍMERO SBS Y
CAUCHO RECICLADO DE NEUMÁTICOS EN LAS CONDICIONES CON
Y SIN CICLO DE ÁGUA

José Marcos Faccin Guimarães
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, Brasil

Leto Momm
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, Brasil

Liseane Padilha Thives
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, Brasil

Carlos Fernando Quintero Quintero
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, Brasil

Joe Arnaldo Villena Del Carpio
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, Brasil

Adosindro Joaquim de Almeida
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, Brasil

Keyla Junko Shinohara
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, Brasil

Resumo

A pesquisa estuda as propriedades mecânicas quanto à desagregação e à permeabilidade dos concretos asfálticos drenantes modificados por polímero SBS e borracha reciclada de pneus nas condições com e sem ciclagem de água. Os granulares utilizados foram de origem granítica e os ligantes de elevada consistência (CAP 30/45) modificados a fim de atender o objetivo da pesquisa. Utilizou-se o CAP 30/45 com a intenção de obter misturas mais resistentes ao elevado tráfego que provoca o aumento da deterioração das rodovias e modificados para aumentar ainda

mais essa resistência. A modificação caracterizou-se pela adição de 4% de polímero SBS e 20% de borracha reciclada de pneus. Para a realização de ambas as misturas, para que sejam comprovadamente drenantes, devem ter volume de vazios acima de 20%, permeabilidade com velocidade de escoamento maior que 0,6 cm/s e desagregação inferior a 25%. A razão de estudar as condições das misturas sem e com ciclagem é verificar o comportamento delas tanto em pista seca quanto com pista úmida ou molhada respectivamente. Mas acima de tudo, o estudo busca desenvolver um bom pavimento que proporciona conforto, economia e segurança o que o pavimento drenante oferece graças à eliminação da lâmina d'água evitando assim a formação da hidroplanagem, viscoplanagem, reflexão luminosa, névoa d'água e o acúmulo de água nas deformações. A pesquisa desenvolveu-se em cinco etapas de ensaios, nas quatro primeiras definiu-se a curva granulométrica e o teor ótimo de ligante ideais a serem utilizados durante os ensaios assim como a determinação das misturas quanto a desagregação nas duas situações. Na quinta etapa determinou-se qual das misturas, também em ambas as situações, tem melhor comportamento à permeabilidade.

Resumen

La investigación estudia las propiedades mecánicas en relación a la desagregación y a la permeabilidad de los concretos asfálticos drenantes modificados con polímero SBS y borracha reciclada de neumáticos en las condiciones de con y sin ciclo de agua. Los granulares utilizados fueron de origen granítico y el ligantes asfáltico de consistencia elevada (CAP 30-45) modificados para cumplir con el objetivo de la investigación. Se utilizo el asfalto CAP 30-45 con la intención de obtener mezclas más resistentes al transito elevado que causa um incremento de deterioro de las carreteras y modificados para aumentar aún más esta resistencia. La modificación se caracteriza por la adición de 4% de polímero de SBS y 20% de caucho reciclado de neumáticos. Para que ambas mezclas sean consideradas drenantes el volumen de vacios debe ser superior a 20%, permeabilidad con velocidad de flujo mayor que 0,6 cm/s y desagregación inferior a 25%. El motivo para estudiar las condiciones de las mezclas cicladas y no cicladas en el agua era para verificar su comportamiento en condiciones de pista seca como en condicionciones de pista húmeda o mojada respectivamente. Pero, sobre todo, el estudio busca desarrollar un buen pavimento, que proporcione comodidad, economía y la seguridad, siendo estas ofrecidas por el pavimento drenante gracias a la eliminación de la lámina de agua, evitando así la formación de la aquaplaning, viscoplaneo, reflexión luminosa, agua nebulizada y la acumulación del agua en las deformaciones. La investigación se desarrolló en cinco etapas de ensayos. En las cuatro primeras se definió la curva granulométrica y el porcentaje óptimo de ligante asfáltico utilizado durante los ensayos así como la determinación de las mezclas en cuanto a desagregación en las dos situaciones. En la quinta etapa se determino cual de las mezclas, en ambas situaciones, tiene mejor comportamiento en relación a la permeabilidad.

1. INTRODUÇÃO

A lâmina d'água sobre o pavimento provoca derrapagens em virtude da hidroplanagem e da viscoplanagem, prejudicam a visibilidade pela névoa formada atrás dos veículos em movimento e pela reflexão luminosa durante a noite além de acumular água nas deformações, fatores que podem causar acidentes. Para eliminar a lâmina d'água foi desenvolvida a mistura asfáltica drenante que tem trazido bons resultados em diversos países, inclusive no Brasil.

Com as más condições das rodovias começaram a ser incorporados modificadores aos ligantes asfálticos o que têm melhorado as propriedades do asfalto sendo que entre eles, os mais utilizados são o polímero SBS e a borracha reciclada de pneus.

Nesse trabalho foram então estudadas duas misturas asfálticas drenantes, modificadas por polímero SBS e borracha reciclada de pneus, com e sem ciclagem, utilizando ligante CAP 30/45, para determinar qual delas apresenta melhor comportamento à desagregação e à permeabilidade.

O concreto asfáltico drenante trata-se de uma mistura com índice de vazios superior a 20%, permeável à ação das águas de chuva, que reduz ou até mesmo elimina a lâmina d'água sobre a superfície do pavimento, com isso os pavimentos apresentam redução da hidroplanagem e da viscoplanagem, melhoria na visibilidade, pois impede a formação da névoa d'água às passagens de veículos e a reflexão luminosa além de impossibilitar o acúmulo da água nas deformações.

O elevado teor de vazios proporciona uma boa aderência entre o pneu e o pavimento e uma excelente permeabilidade tornando o pavimento mais seguro. Com o tempo pode ocorrer a colmatação dos poros fazendo com que haja uma perda da permeabilidade e um aumento do nível sonoro. Para que as propriedades drenantes sejam mantidas ao longo do tempo deve ser feita uma manutenção logo no primeiro ano de serviço e que essas misturas não sejam aplicadas em locais de mudanças bruscas de velocidade.

As primeiras misturas asfálticas drenantes surgiram nos Estados Unidos na década de 30, mas somente na década de 50 apareceram os primeiros resultados com espessuras de 2,0 cm e de 6% a 7% de teor de ligante. Nos anos 70 países europeus além da África do Sul e do Japão experimentaram tais misturas com espessuras superiores a 4,0 cm e teor de ligante entre 4% e 5% destacando-se os estudos ingleses, holandeses e belgas (Machado, 2007).

No Brasil iniciaram-se com a finalidade de aumentar a segurança nos procedimentos de pouso e decolagem nos aeroportos). As primeiras aplicações foram em 1983 no Aeroporto de Confins em Belo Horizonte e posteriormente em 1987 no Aeroporto Santos Dumont no Rio de Janeiro (Oliveira, 2003). Começaram a ser aplicadas em rodovias em São Paulo em 1992 na Rodovia dos Bandeirantes, em 1997 na Rodovia Presidente Dutra e em 1998 na Rodovia dos Imigrantes. A primeira experiência na Região Nordeste foi realizada na Bahia em 2000 e na Região Sul também em 2000 na Rodovia BR-101 no estado de Santa Catarina com uma camada de espessura de 3,0 cm e 3,60% de teor de ligante (Meurer Filho, 2001).

Desde então muitos outros trechos começaram a serem realizados com tal mistura, como por exemplo recentemente em 2012 também em Santa Catarina, entre os municípios de São José do Cerrito e Vargem Grande (Knabben, 2012) devido as suas propriedades que promovem maior segurança em dias chuvosos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ENSAIO CÁNTABRO

O Ensaio Cântabro, normalizado pela NTL - 325/86 foi desenvolvido com a finalidade de avaliar a desagregação da camada de rolamento. O resultado é dado em percentagem da perda de peso e para que todos os resultados das misturas sejam aceitáveis, as percentagens terão que ser

inferiores a 25%.

2.2. ENSAIO DE PERMEABILIDADE

O Ensaio de Permeabilidade foi realizado utilizando o permeâmetro construído na Universidade Federal de Santa Catarina semelhante ao LCS. Para uma mistura ser considerada permeável, ela deve apresentar uma velocidade de percolação superior a 0,60 cm/s.

2.3. MATERIAIS

2.3.1. Agregados

Os agregados utilizados na pesquisa são de origem granítica. Os resultados dos ensaios de caracterização dos agregados encontram-se nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Caracterização dos granulares

Ensaio	Norma	Limite	Resultado
Los Angeles	DNER-ME 035/98	Inferior a 40%	20,67%
Durabilidade	DNER-ME 089/94	Inferior a 12%	1,22%
Índice de Forma	DNER-ME 086/94	Inferior a 3,00	1,36
Adesividade	DNER-ME 078/94		1,00% de dope

2.3.2. Ligante

O ligante utilizado no trabalho é o CAP 30/45 de elevada consistência. Foi modificado a fim de atender o objetivo da pesquisa com 4% de Polímero SBS devido a pesquisas anteriores (Meurer Filho, 2001) que obtiveram resultados satisfatórios e com 20% de borracha reciclada de pneus pois segundo Fontes (2001) essa é a porcentagem de borracha recomendada para misturas com granulometria descontínua que é o caso das misturas drenantes. Os resultados dos ensaios de caracterização dos ligantes estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização dos ligantes

Ensaio	Norma	Polímero SBS	Borracha
Penetração	DNIT 155/2010 - ME	34×10^{-1} mm	32×10^{-1} mm
Ponto de Amolecimento	DNIT 131/2010 - ME	63 °C	67 °C
Viscosidade Saybolt-Furol	DNER-ME 004/94	170 °C	170 °C
Viscosidade Brookfield	ASTM D 4402	170 °C	170 °C
Densidade	NBR 6296: 2004	1,040 g/cm ³	1,045 g/cm ³

3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Foram realizados os Ensaios Cántabro e de Permeabilidade nas condições com e sem ciclagem. Metade dos corpos de prova e das placas eram de polímero SBS e a outra metade de asfalto borracha, metade deles testados na condição seca e a outra metade na condição ciclada.

3.1. Ensaio Cántabro

Para a determinação da desagregação da mistura, houve a necessidade de serem realizadas quatro etapas de ensaios nas quais foram testados 10 teores de ligante e 4 curvas granulométricas, sendo confeccionados e testados no Ensaio Cántabro um total de 376 corpos de prova Marshall.

3.1.1. Primeira etapa de ensaios

Foram testados 256 corpos de prova sendo adotados quatro teores de ligante, 3,25%, 3,50%, 3,75% e 4,00%, 128 de cada mistura. O processo de ciclagem consistiu em três ciclos a 60°C de 48 horas cada, 24 horas de imersão em tanque d'água e 24 horas de secagem em estufa.

Realizou-se primeiramente o ensaio de determinação do volume de vazios e constatou-se que ambas as misturas são drenantes pois todos os corpos de prova apresentaram valores acima de 20%. Sendo assim realizou-se o Ensaio Cántabro, os resultados das duas misturas, nas duas condições, apresentaram perda entre 36% e 95%, com isso os quatro teores foram reprovados.

3.1.2. Segunda etapa

Com os maus resultados apresentados na etapa anterior, testou-se outras três curvas granulométricas (Figura 1) e com maior controle de temperatura, mediante o Ensaio Cántabro de 12 corpos de prova (Figuras 2 e 3) para cada curva, utilizando somente o ligante modificado com polímero SBS, a fim de determinar qual a curva ideal para os demais ensaios.

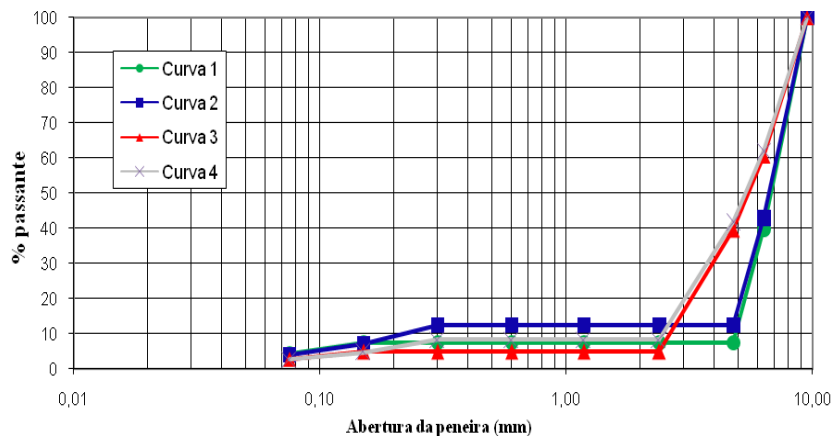
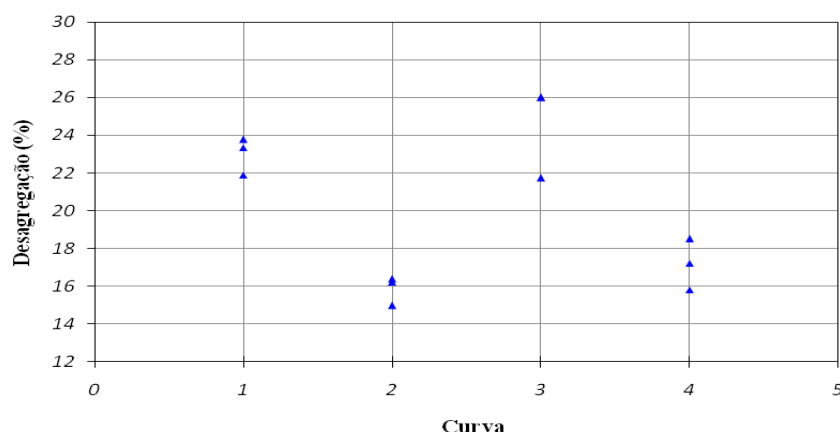


Figura 1 – Curvas granulométricas testadas na segunda etapa de ensaios



Figura 2 – Cps antes do Ensaio Cántabro**Figura 3 – Cps depois do Ensaio Cántabro**

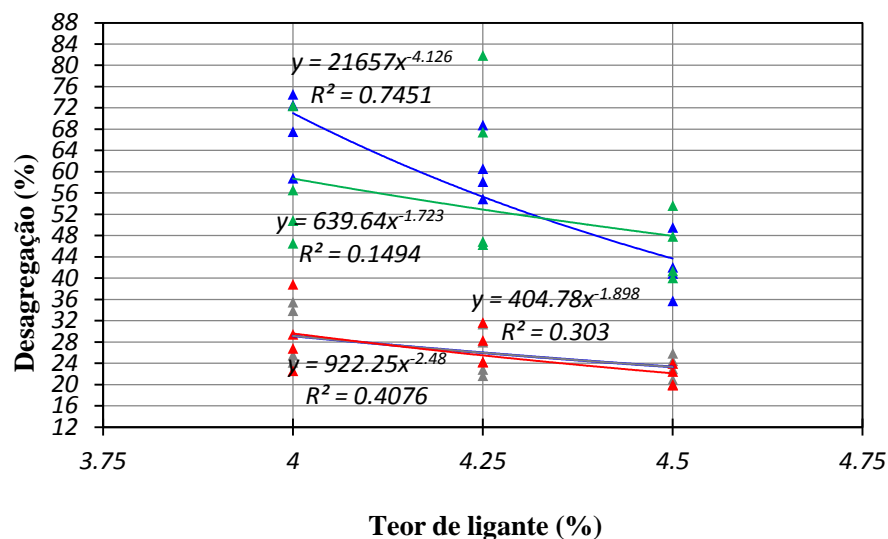
Antes da realização do Ensaio Cántabro, constatou-se que tratavam-se de misturas drenantes pois o volume de vazios de todos os corpos de prova foi superior a 20%. Com isso realizou-se o Ensaio Cántabro, na figura 4 observa-se que a curva que apresentou menor desagregação foi a curva 2 portanto ela será utilizada ao longo da pesquisa.

**Figura 4 - Desagregação dos corpos de prova das quatro curvas granulométricas**

3.1.3. Terceira etapa de ensaios

Nessa etapa foram testados 96 corpos de prova sendo adotados três teores de ligante, 4,0%, 4,25% e 4,50%, 48 de cada mistura. O processo de ciclagem consistiu em três ciclos a 40°C de 16 horas cada, 8 horas de imersão em tanque d'água e 8 horas de secagem em estufa.

Como ocorrido nas etapas anteriores, antes da realização do Ensaio Cántabro foi necessário haver a certeza de que tratavam-se de misturas drenantes, como ambas são, já que possuem volume de vazios superior a 20%, pode-se então realizar o Ensaio Cántabro. A figura 5 indica que a desagregação nessa etapa foi bem inferior a da primeira etapa pois variou entre 20% e 81%. Os corpos de prova de polímero SBS sem ciclagem foram todos aprovados, todavia não ocorreu o mesmo para os com ciclagem. Todos os corpos de prova de asfalto borracha foram reprovados portanto, nenhum dos três teores de ligante testados tiveram 100% de aproveitamento.



— Polímero SBS sem ciclagem
— Asfalto-borracha sem ciclagem

— Polímero SBS com ciclagem
— Asfalto-borracha com ciclagem

Figura 5 – Comparação entre a desagregação de polímero SBS e asfalto borracha

3.1.4. Quarta etapa de ensaios

Como foi reprovado somente um corpo de prova modificado por polímero SBS com 4,50% de ligante, resolveu-se então testar somente mais um teor de ligante dessa mistura, no caso 4,75% (Figura 6), já no caso da mistura modificada por asfalto borracha resolveu-se testar mais três novos teores, no caso 5,0%, 5,25% e 5,50% (Figura 7) pois todos os seus corpos de prova tiveram desagregação bem acima do limite admissível que é de 25%.



Figura 6 – Cps de polímero SBS antes da realização do Ensaio Cántabro



Figura 7 – Cps de asfalto borracha antes da realização do Ensaio Cántabro

Como sempre deve proceder-se antes da realização do Ensaio Cántabro, verificou-se antes se as misturas eram drenantes, tendo tal comprovação, pois o volume de vazios era superior a 20%, pode-se então realizar o Ensaio Cántabro. As figuras 8 e 9 mostram os mesmos corpos de prova após a realização do ensaio.

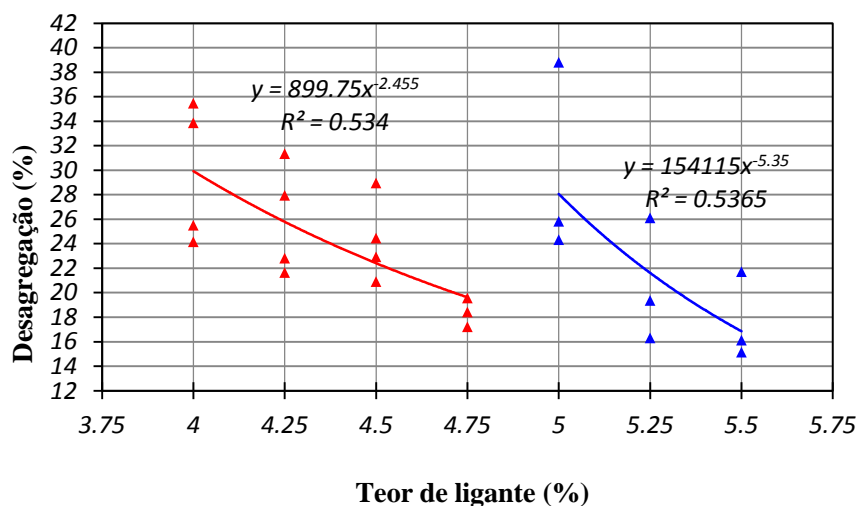


Figura 8 – Cps de polímero SBS depois da realização do Ensaio Cántabro



Figura 9 – Cps de asfalto borracha depois da realização do Ensaio Cántabro

A figura 10 indica que a desagregação foi bem inferior as demais etapas pois variou entre 15% e 39%. Como já era esperado, os corpos de prova modificados com 4,75% de polímero SBS apresentou 100% de aproveitamento. Quanto aos corpos de prova modificados com asfalto borracha, teve como fundamento testar três novos de ligante já que embora os dois primeiros teores, 5,00% e 5,25%, terem tido pelo menos um corpo com desagregação inferior a 25%, somente o teor 5,50% teve todos os seus corpos de prova aprovados, teor esse com média de desagregação menor do que a desagregação dos corpos de prova de 4,75% de polímero SBS.



— Polímero SBS

— Asfalto-borracha

Figura 10 – Comparação entre a desagregação de polímero SBS e asfalto borracha

3.2. Ensaio de Permeabilidade

Portanto, de acordo com os resultados obtidos na etapa anterior, para a realização do Ensaio de Permeabilidade adotou-se 4,75% de teor de ligante para o polímero SBS, 5,50% para o asfalto borracha e o processo de ciclagem também consistiu de três ciclos de 16 horas cada a 40° C, cada um com 8 horas de imersão em tanque d'água e 8 horas de secagem em estufa. Não adotou-se teores de ligante mais altos pois quanto maior for o teor, maior será a deformação permanente.

Para esse ensaio foram confeccionadas e compactadas oito placas, de 1 a 4 (Figura 11) são de polímero SBS e de 5 a 8 (Figura 12) de asfalto borracha sendo que as placas ímpares foram testadas sem ciclagem e as pares com ciclagem.

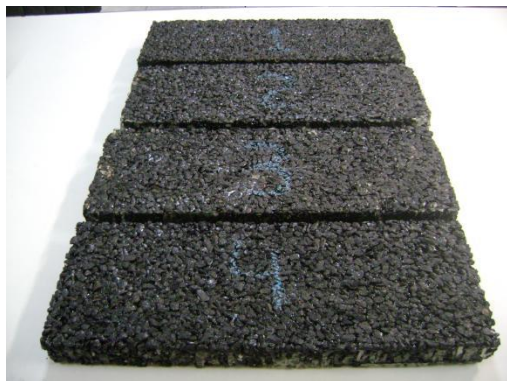


Figura 11 – Placas de polímero SBS

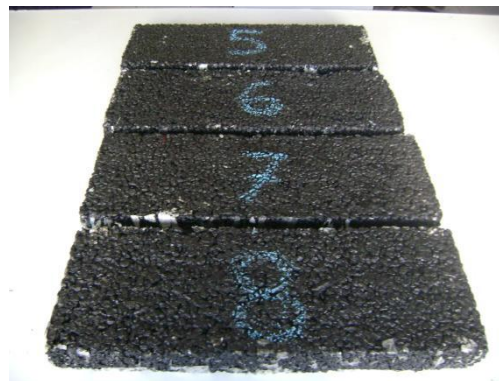


Figura 12 – Placas de asfalto borracha

Todas as placas foram compactadas e posteriormente ensaiadas no Permeômetro LCS (Figura 13).

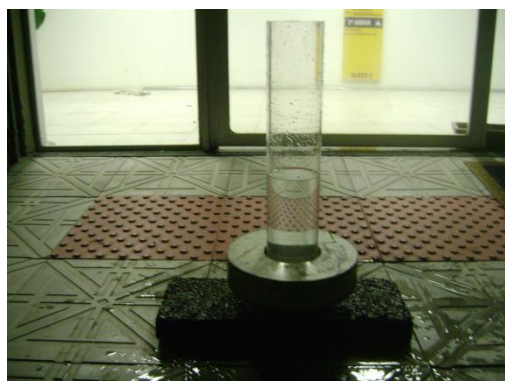
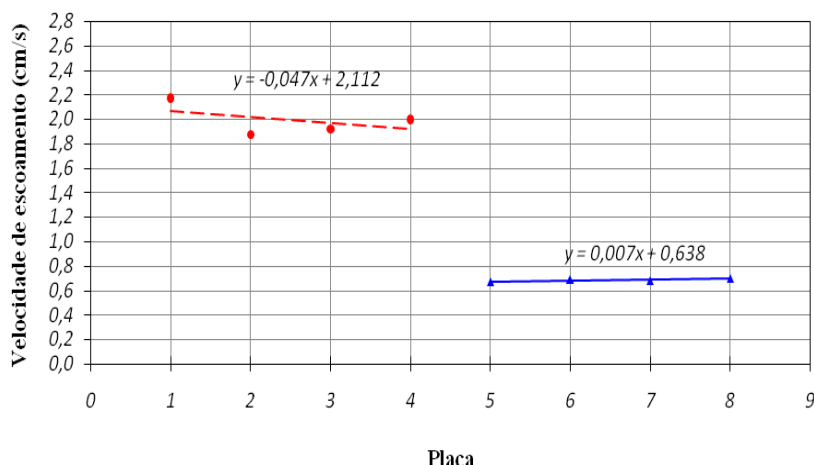


Figura 13 – Ensaio de Permeabilidade

Os resultados obtidos para as placas de polímero SBS e de asfalto borracha mostraram que todas elas eram drenantes pois a velocidade de escoamento foi superior a 0,60 cm/s (Figura 14) que é condição obrigatória para uma mistura ser drenante sendo que as placas de polímero SBS tiveram maior permeabilidade pois apresentaram uma média de 2,00 cm/s enquanto que as placas de asfalto borracha possuíram média de 0,65 cm/s.



— Asfalto borracha

- - Polímero SBS

Figura 14 – Velocidade de escoamento das placas de asfalto borracha e polímero SBS

4. CONCLUSÕES

Tanto os corpos de prova quanto as placas, no que diz respeito ao volume de vazios, atenderam a condição de serem misturas drenantes que é possuir percentagem de vazios superior a 20% sendo que os corpos de prova de maior volume de vazios foram os de asfalto borracha e as placas foram as de polímero SBS.

Na terceira etapa, o polímero SBS teve menor desagregação que o asfalto borracha, porém os três teores de ligante das duas misturas não foram aprovados no Ensaio Cántabro. Já na quarta etapa, o polímero SBS teve 100% de aprovação no Ensaio Cántabro com 4,75% de teor de ligante enquanto que o asfalto borracha teve 100% de aprovação somente com 5,50% de teor de ligante.

Quanto à permeabilidade, todas as placas também atenderam a condição de serem misturas drenantes que é possuir velocidade de escoamento superior a 0,60 cm/s sendo que as placas com polímero SBS apresentaram velocidades bem superiores às placas com asfalto borracha o que não ocorreu quanto à ciclagem já que a média das placas atingiu o mesmo patamar nas duas misturas.

Finalizando, as misturas drenantes modificadas com polímero SBS desagregam menos e possuem maior permeabilidade quando comparadas com as misturas drenantes modificadas com asfalto borracha e as misturas sem ciclagem possuem menor desagregação do que as misturas com ciclagem e permeabilidade muito semelhantes em ambas as misturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM International. ASTM D 4402 – Viscosity Determination Of Asphalt At Elevated Temperatures Using a Rotational Viscometer. West Conshohocken.

Departamento Nacional De Estradas De Rodagem. (1998). DNER – ME 035/98. Agregados – Determinação da abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro.

Departamento Nacional De Estradas De Rodagem. (1994). DNER – ME 089/94. Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro.

Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes. (2010). DNIT 131/2010 – ME. Materiais asfálticos – Determinação do ponto de amolecimento. Rio de Janeiro.

Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes. (2010). DNIT 155/2010 – ME. Material asfáltico – Determinação da Penetração. Rio de Janeiro.

Fontes, L. P. T. da L. (2009). Otimização do desempenho de misturas betuminosas com ligante modificado com borracha para reabilitação de pavimentos. Universidade de Moinho.

Guimarães, J. M. F. (2012). Concreto asfáltico drenante em asfaltos modificados por polímero SBS e borracha moída de pneus. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

Knabben, R. M.. Estudo do Ruído Pneu/Pavimento e da Absorção Sonora em Diferentes Revestimentos de Pavimento (2012). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

Machado, R. Z.. Asfalto Modificado com Polímero SBS para Pavimentos Drenantes. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2007.

Meurer Filho, E. (2001). Estudo de granulometria para concretos asfálticos drenantes. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

Norma Espanhola NTL-325/86. Determinación de La Perdida Por Desgaste de Mezclas Bituminosas Mediante El Empleo De La Maquina de Los Angeles. Madri. 1986.

Oliveira, C. G. M.. Estudo de Propriedades Mecânicas e Hidráulicas do Concreto Asfáltico Drenante. Universidade de Brasília. 2003.