



26° Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

INOVADORA VERSÃO DO GEOTÊXTIL NÃO TECIDO IMPREGNADO COM ASFALTO COMO CAMADA INTERMEDIÁRIA IMPERMEÁVEL E REDUTORA DA REFLEXÃO DAS TRINCAS

*Guillermo Montestruque¹; Gustavo Castro da Silva¹; João Marcos Almeida Fernandes¹;
Joaquim Rodrigues Gomes Neto¹ & Breno Richard da Silva¹.*

RESUMO

Devido às cargas do Tráfego e temperatura as trincas existentes no pavimento antigo se propagam para a nova camada de recapeamento asfáltico pelo fenômeno de reflexão de trincas. Montestruque (2002) afirma que geotêxtil não tecido impregnado com material asfáltico atua como uma camada intermediária de alívio de tensões (SAMI - Stress Absorbing Membrane Interlayer) retardando o fenômeno de reflexão de trincas. Além deste benefício, também constituísse uma camada impermeabilizante quando seja impregnado com asfalto corretamente. A Camada Porosa de Atrito (CPA) foi desenvolvida, para melhorar a serventia do pavimento e a segurança viária, a sua macrotextura proporciona drenabilidade e aumento da aderência entre pneu e pavimento. O requisito para aplicar o CPA é que a camada subjacente seja impermeável, neste contexto, a CPA não poderia ser usada sobre um pavimento trincado diretamente já que a água poderia infiltrar através das trincas para as camadas subjacentes causando uma rápida deterioração. O geotêxtil não tecido impregnado com asfalto aplicado entre o pavimento antigo e a CPA, apresenta-se como uma excelente solução para este problema, garantindo-se sua impermeabilidade e com declividade adequada a água direciona-se para os drenos laterais. Este trabalho tem como objetivo principal determinar a taxa de impregnação com emulsão asfáltica que oferece sua impermeabilização e melhor aderência entre as camadas asfálticas verificada através do ensaio de cisalhamento direto. Para este estudo foram utilizados geotêxteis não tecidos com gramaturas de 150 g/m² e 170 g/m², concluiu-se que e as taxas de impregnação de 1,3 l/m² e 1,4 l/m² são adequadas respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Recapeamento Asfáltico; Geotêxtil não tecido; Camada Porosa de Atrito.

ABSTRACT

Due to traffic loads and temperature, cracks existing in the old pavement propagate to the new asphalt overlay through the phenomenon of reflective cracking. Montestruque (2002) states that nonwoven geotextile impregnated with asphalt acts as a stress-relieving intermediate layer (SAMI - Stress Absorbing Membrane Interlayer), delaying the reflective crack phenomenon. In addition to this benefit, it also constitutes a waterproofing layer when impregnated with asphalt correctly. The Porous Friction Course (PFC) was developed to improve the pavement's usefulness and road safety, its macrotexture provides drainage and increased adhesion between tire and pavement surfacing. The requirement to apply PFC is that underlying layer must be impermeable, in this context, PFC could not be used directly over a cracked pavement because the water could infiltrate through the cracks into the underlying layers causing the rapid deterioration. The nonwoven geotextile impregnated with asphalt applied between the old pavement surfacing and the PFC presents itself as an excellent solution to this problem, guaranteeing its impermeability and with adequate slope, the water will be directed to the lateral drains. The main objective of this work is to determine the impregnation rate with asphalt emulsion that offers waterproofing and better adhesion between the asphalt layers verified through the direct shear test. For this study, nonwoven geotextiles with weights of 150 g/m² and 170 g/m² were used, it was concluded that the impregnation rates of 1.3 l/m² and 1.4 l/m² are appropriate respectively.

KEY WORDS: Asphalt Overlay; Nonwoven Geotextile; Porous Friction Course.

¹ Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) - Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo (FEAU).
montestruque@infratrans.com.br; gustavocastrostrosb@outlook.com; jmfalmeida09@gmail.com;
joaquimrodrigues238@gmail.com; brennors11@gmail.com.



1 INTRODUÇÃO

O trincamento em pavimentos asfálticos é um grande problema, já que reduz a vida útil do revestimento asfáltico. O início do trincamento na mistura asfáltica deve-se principalmente às cargas do tráfego, os ciclos de carga e descarga provocam a fadiga da mistura asfáltica. A temperatura também influencia, geralmente onde existem variações térmicas significativas. A trinca por fadiga é iniciada onde existe uma maior tensão e deformação de tração na camada de revestimento asfáltico, pode ter seu início de cima para abaixo (Top-down cracking) ou de abaixo para cima (bottom-up cracking) de forma mais frequente. Uma vez formada a trinca, sua propagação deve-se à concentração de tensões entorno da ponta dela, por causa do tráfego ou por temperatura através do mecanismo de fratura e não mais por o mecanismo de fadiga. A continuidade da superfície é destruída, a resistência estrutural do pavimento decresce, podendo a água de chuva ingressar na estrutura, tornando-se um forte promotor da deterioração subsequente.

A restauração de pavimentos asfálticos normalmente envolve uma sobreposição de uma nova camada asfáltica ou uma fresagem parcial seguida de recomposição, sobre o pavimento trincado. A fresagem parcial não elimina as trincas subjacentes do pavimento existente e a espessura do recapeamento pode depender da condição do pavimento existente, do tráfego previsto e dos recursos financeiros disponíveis.

As cargas de tráfego causam movimentos verticais e horizontais entre as paredes das trincas existentes. Ao se colocar uma nova camada asfáltica sobre a trinca existente, a porção de material acima da região da trinca vai reduzindo sua rigidez, devido à concentração de tensões de tração e de cisalhamento atuantes, nesta região se dará origem a sua propagação na nova camada asfáltica de recapeamento. Este processo de perda de rigidez continua por fratura é conhecido como fenômeno de reflexão de trincas. Assim, ocorrendo a reflexão de trincas prematuramente, dentro de pouco tempo a nova camada poderá estar com os mesmos problemas da camada original.

A principal característica da Camada Porosa de Atrito (CPA) é a sua drenabilidade e macrotextura que permite aumento da aderência entre pneu e pavimento. Esta camada não poderia ser usada sobre um pavimento trincado diretamente já que a água de chuva infiltraria através das trincas para as camadas inferiores do pavimento causando uma rápida deterioração da estrutura do pavimento (Figura 1). A impregnação dos geotêxteis não tecidos por emulsão asfáltica permite com que obtenham uma característica de impermeabilização quando utilizada a taxa correta. O geotêxtil impregnado com emulsão poderá ser utilizado como camada intermediária, aplicado sobre o revestimento do pavimento existente trincado para posteriormente aplicação da CPA de recapeamento. A CPA, por conter altos índices de vazios, permite com que a água das chuvas percorra por dentro desta camada chegando até a posição do geotêxtil impregnado, como o geotêxtil impregnado tem a característica de ser impermeável, essa água é direcionada horizontalmente para os drenos laterais, evitando o acúmulo de água no revestimento asfáltico e consequentemente elimina o fenômeno de aquaplanagem dos veículos e espriamento da água.

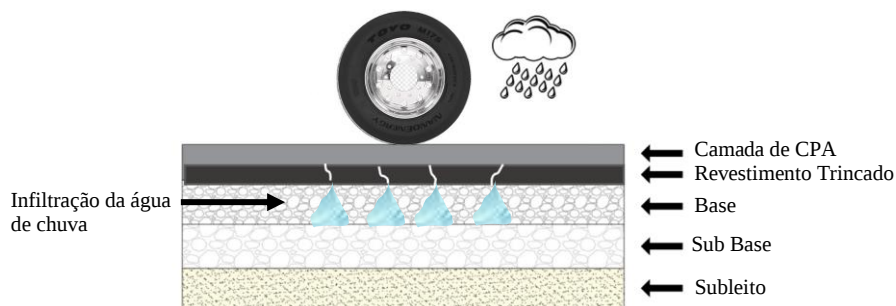


Figura 1 - Infiltração de água de chuva através da CPA e pelas trincas existentes.

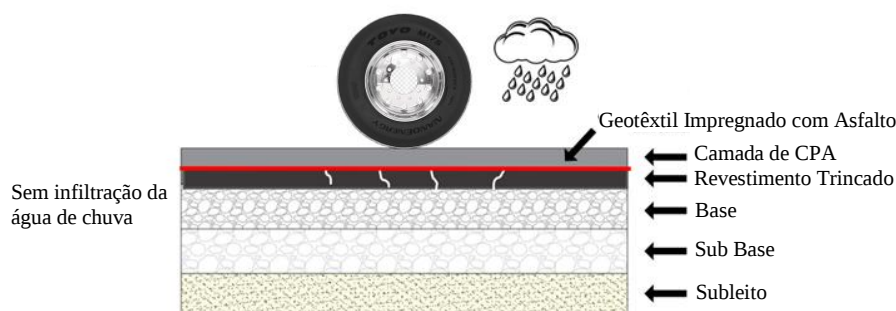


Figura 2 - Impermeabilização da estrutura do pavimento com geotêxtil impregnado.

2 MATERIAIS

O presente item descreve os materiais, os métodos e os equipamentos empregados no desenvolvimento da pesquisa.

2.1 O Geossintético Geotêxtil

O geotêxtil é um produto geossintético, polimérico, industrializado, se apresenta na forma de uma manta contínua composta por fibras ou filamentos que podem ser tecidos, não tecidos ou tricotados. Estas mantas são flexíveis e permeáveis, sendo aplicadas em obras de engenharia civil com função de separação, proteção, filtração, drenagem, reforço e controle de erosões. De acordo com a ABINT (2001), os geotêxteis são divididos em dois grandes grupos, baseados no processo de fabricação, sendo os tecidos e não tecidos. Para esta pesquisa foram utilizados geotêxteis não tecidos de fibras curtas de poliéster, agulhadas e consolidadas termicamente por calandragem com gramaturas de 150 g/m² e 170 g/m².

2.2 Emulsão Asfáltica

Emulsões asfálticas, são misturas onde o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) encontra-se disperso em uma fase aquosa. As emulsões asfálticas surgiram como alternativa para que o asfalto fosse aplicado a frio, pois, na produção de misturas asfálticas a quente, é necessário que os componentes a serem misturados ao CAP estejam quentes, acarretando maiores custos com equipamentos e riscos aos operários durante o manuseio. Estas emulsões, após a aplicação, perdem a água, resultando na solidificação do asfalto (Bauer, 1999; ABEDA, 2001). Para esta pesquisa foram utilizadas as emulsões tipo RR-1C.



2.3 Camada Porosa de Atrito

Concreto asfáltico poroso com ligante asfáltico modificado por polímero é uma mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas. É composto de agregado graduado, cimento asfáltico modificado por polímero e, se necessário, material de enchimento, fíler, e melhorador de adesividade, sendo espalhada e compactada a quente. O concreto asfáltico poroso com ligante modificado por polímero deve ser empregado como camada sobrejacente ao revestimento, com a função de drenar a água superficial evitando a aquaplanagem.

A CPA, por apresentar um grande volume de vazios, possui propriedades drenantes, portanto é utilizada para diminuir as taxas de aquaplanagem no revestimento, e somado a isso, ela reduz os ruídos gerados pelos veículos que passam por ela. A CPA permite que a água que é depositada nela seja escoada e encaminhada para drenos ou valetas laterais que são construídas para captação das águas pluviais, ela pode ser muito útil nos pavimentos em épocas de enchentes e chuvas torrenciais, pois evita que uma lâmina d'água seja formada, reduzindo a possibilidade de acidentes ao longo do trecho. O pavimento, quando exposto a um acúmulo excessivo de água, pode ter a sua vida útil reduzida devido à perda da capacidade de suporte das camadas subjacentes, ocasionando deformações excessivas na sua estrutura e consequentemente o surgimento de trincas na superfície. A composição granulométrica utilizada nesta pesquisa é apresentada na Figura 3.

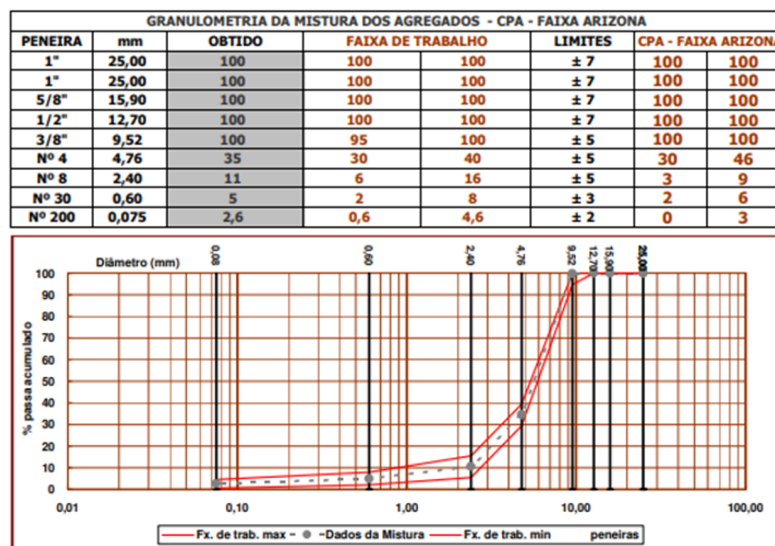


Figura 3 – Faixa Granulométrica dos agregados.

3 METODOLOGIA

3.1 Impregnações dos Geotêxteis

Uma parte primordial no processo é a impregnação do geotêxtil com o asfalto, pois é onde será determinada a taxa de emulsão necessária para obter a impermeabilização das amostras através do asfalto residual. Foram impregnadas um total de 102 amostras. O procedimento de impregnação dos geotêxteis não tecidos seguem os seguintes passos:

- 1º - Corte de mantas de geotêxtil não tecido nas dimensões de 290 mm x 210 mm (A4, Figura 4b);
- 2º - Pesagem do geotêxtil não tecido (Figura 4c);
- 3º - Pesagem da emulsão requerida;



- 4º - Impregnação do geotêxtil não tecido com auxílio do rolo regulável (Figura 5a);
 5º - Secagem do geotêxtil não tecido com o soprador de ar quente (Figura 5b);
 6º - Pesagem do geotêxtil não tecido impregnado (Figura 5c).

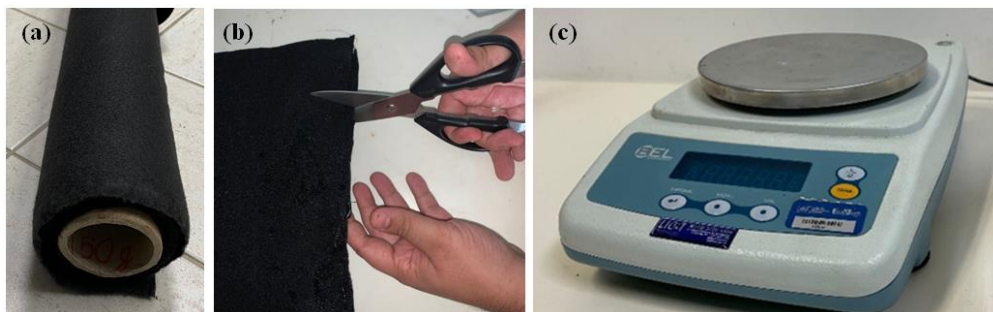


Figura 4 – (a) Bobina Geotêxtil (b) Corte do Geotêxtil (c) Balança de precisão utilizada.



Figura 5 – (a) Impregnação da emulsão com o geotêxtil; (b) Secagem do geotêxtil não tecido com o soprador de ar quente; (c) Pesagem do geotêxtil não tecido impregnado.

3.2 Ensaio de estanqueidade do geotêxtil impregnado com asfalto

O ensaio de estanqueidade tem a finalidade de verificar a impermeabilidade da amostra. Nesta etapa da pesquisa foram utilizados os seguintes equipamentos: Dessecador de vidro usado apenas como recipiente, pistola de PU, proveta graduada (Figura 6). A pistola de PU foi utilizada para vedação ao redor do geotêxtil impregnado para evitar possíveis infiltrações pelas laterais, o material PU foi escolhido por ser de fácil aplicação e ter uma boa aderência sobre a superfície.

Os geotêxteis já impregnados com a emulsão asfáltica, devidamente secos e com seus pesos aferidos, foram cortados no formato circular com diâmetro de 180 mm, mesmo tamanho do diâmetro interno do dessecador de vidro (Figura 7a). Posteriormente o geotêxtil impregnado foi colocado no interior do dessecador de vidro (Figura 7b). Com auxílio da pistola de PU, foi realizada a vedação apenas nas extremidades (Figura 7c). Após a secagem do PU foi vertido água no interior do dessecador de vidro (Figura 8a).

Os ensaios posteriores de estanqueidade foram realizados com a taxa de impregnação de 1,3 l/m² e 1,4 l/m² para as gramaturas de 150g e 170g por um período de 24 horas, todas as amostras com essa taxa de impregnação obtiveram êxito, não houve qualquer tipo de infiltração (Figura 9).

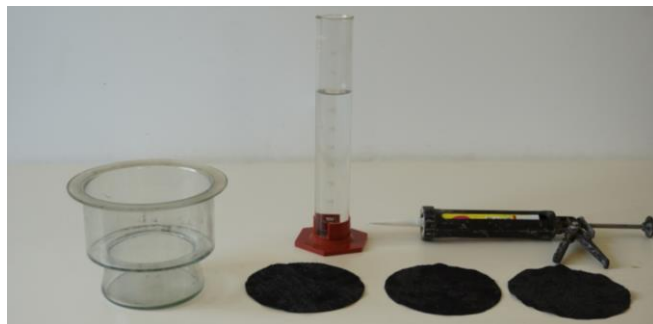


Figura 6 - Dessecador de vidro utilizado como recipiente, pistola de PU e proveta e geotêxteis impregnados.

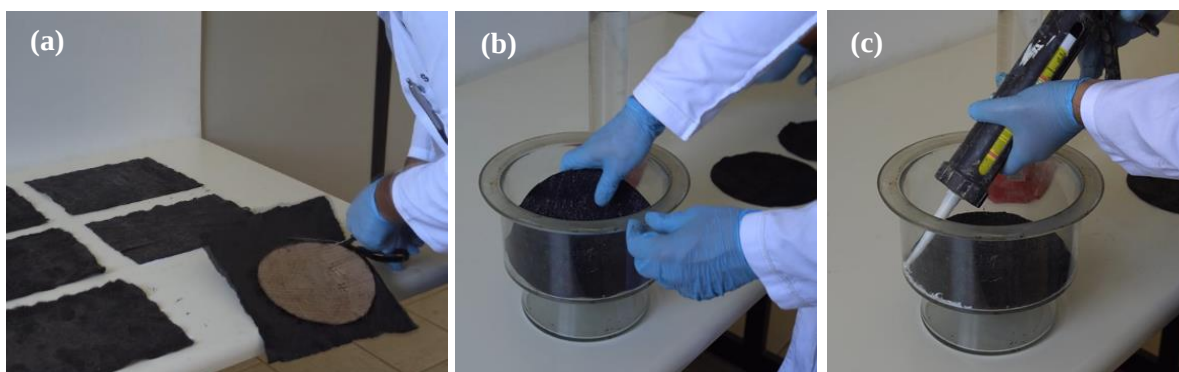


Figura 7 - (a) Corte circular dos geotêxteis impregnados; (b) Colocação do geotêxtil impregnado no interior do dessecador de vidro; (c) Aplicação do PU sobre o geotêxtil impregnado.

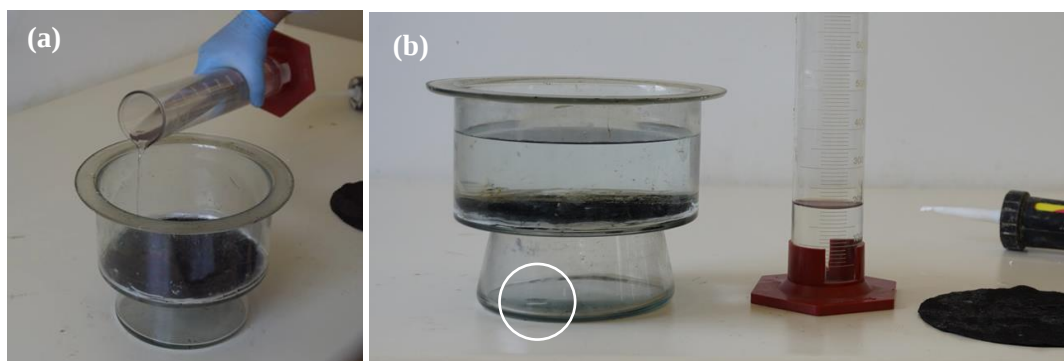


Figura 8 – (a) Vertendo água sobre o geotêxtil impregnado; (b) Infiltração de água no ensaio para a taxa de 1,2 l/m².

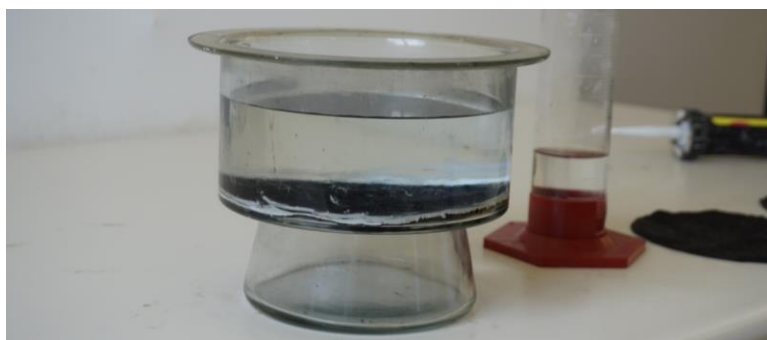


Figura 9 - Ensaio de estanqueidade para as taxas de 1,3 l/m² e 1,4 l/m² (sem infiltração de água).



3.3 Ensaio de estanqueidade do geotêxtil impregnado com asfalto em corpos de prova prismáticos de CPA

A taxa de emulsão escolhida após o ensaio de estanqueidade dos geotêxteis impregnados foi de 1,3 e 1,4 l/m², para a moldagem das vigas de concreto asfáltico em CPA. Foram recortados os geotêxteis de gramaturas de 150g e 170g com a dimensão de 500 mm x 280 mm, repetindo-se os procedimentos anteriores, iniciando pela pesagem da manta de geotêxtil sem a impregnação, impregnação, secagem e pesagem com impregnação.

A faixa granulométrica da mistura asfáltica foi apresentada na Figura 3. O processo de mistura dos corpos de provas foi realizado a uma temperatura de 150 °C (Figura 10). Foram moldados 04 corpos de prova de concreto asfáltico com as dimensões de 25 mm x 450 mm x 300 mm. Para a compactação da mistura asfáltica foi utilizado o compactador por amassamento do tipo PresBox do Centro de Pesquisa Rodoviário da concessionária RioSP (Figura 11a). A colocação da mistura asfáltica foi realizada por camadas, sendo a primeira camada uma fração da mistura asfáltica, como segunda camada intermediária foi colocada o geotêxtil impregnado com emulsão na gramatura de 150g/m², a terceira camada foi novamente a mistura asfáltica. O mesmo procedimento foi realizado para o geotêxtil de 170g/m². Imediatamente se procedeu ao processo de compactação. Finalizado o processo de compactação dos corpos de prova em concreto asfáltico e ejetada da forma prismática (Figura 11b).

Após o esfriamento dos corpos de prova em concreto asfáltico por 48 horas, se procedeu ao corte com serra disco utilizando o equipamento “Policorte”. A Figura 13a mostra o esquema de corte que foi adotado e a Figura 12 o equipamento utilizado. Como resultados do processo de corte dos 02 corpos de prova prismáticos se obtiveram 08 corpos de prova em vigas de CPA com dimensões de 380 mm x 75 mm x 75 mm (Figura 13b), resultando em 04 vigas sem geotêxtil, 02 vigas com geotêxtil de 150g/m² e 02 vigas com geotêxtil de 170g/m².



Figura 10 – Preparo da mistura asfáltica de CPA.



Figura 11 - Compactador de misturas asfálticas e corpo de prova prismático moldado.



Figura 12 - Processo de corte dos corpos de prova na máquina de policorte.

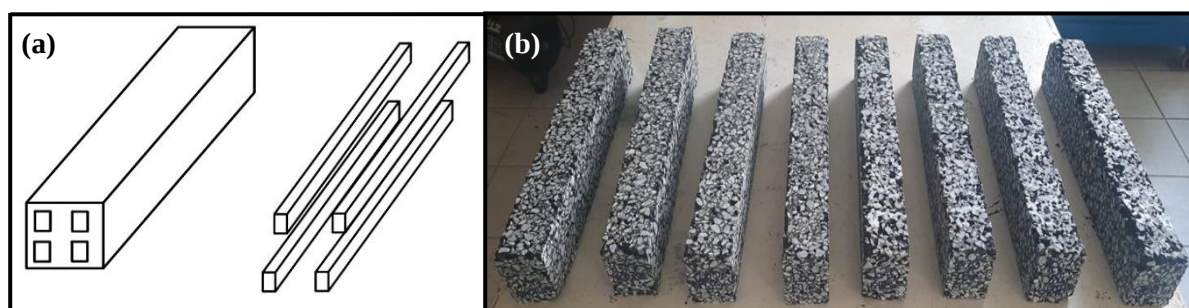


Figura 13 – (a) Esquema de corte; (b) Corpos de prova cortados com e sem geotêxtil impregnado.

3.4 Ensaio de estanqueidade no corpo de prova prismáticos sem e com o geotêxtil impregnado com asfalto

Para a realização de este ensaio foram projetados e fabricados em oficina especializada 02 recipientes em acrílico, um para o corpo de prova prismático sem geotêxtil e o outro para o corpo de prova prismático com geotêxtil impregnado. O recipiente tem a dimensão interna de 398 mm x 100 mm em acrílico, para assim, poder observar visualmente se irá infiltrar água através da camada porosa de atrito com e sem geotêxtil impregnado com asfalto. Em ambos os casos foi necessário realizar sua vedação, para esta finalidade foi utilizado a espuma “Tarucel” (Polietileno Expandido), e também PU para vedar as laterais do “Tarucel” de forma de garantir uma vedação total das laterais dos corpos de prova (Figura 14).

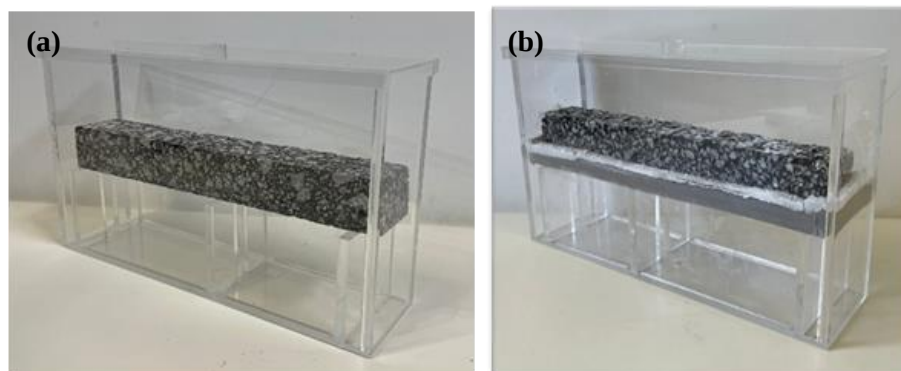


Figura 14 – (a) Corpo de prova em concreto asfáltico com e sem geotêxtil antes de sua vedação; (b) Vedação do recipiente de acrílico para o ensaio de estanqueidade.



Logo após a vedação completa, foi realizado o ensaio de estanqueidade dos corpos de prova de concreto asfáltico sem e com geotêxtil impregnado com asfalto. Foi observada nos corpos de prova prismática sem geotêxtil impregnado com asfalto que apenas foi vertida a água, sua infiltração foi imediata e em pouco tempo toda a água vertida sobre o corpo de prova prismático passa através do corpo de prova (Figura 15).

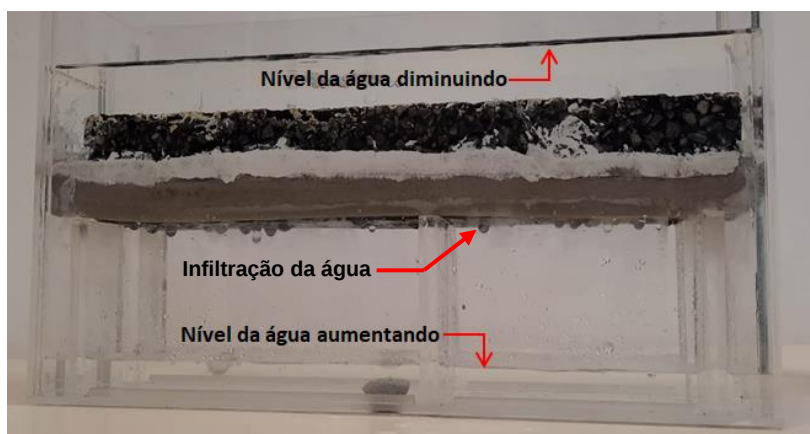


Figura 15 – Infiltração da água praticamente instantânea nos corpos de prova sem geotêxtil.

Para o caso dos corpos de prova com geotêxtil impregnado com asfalto, a grande dúvida inicial foi se ao lançar a mistura asfáltica a quente e posterior compactação, o geotêxtil impregnado pudesse perder sua impermeabilidade alcançada de forma individual por a perda do ligante asfáltico nos vazios da camada porosa de atrito, mas isto não ocorreu, o ensaio de estanqueidade dos corpos de provas com geotêxteis não tecidos impregnados com asfalto foi um sucesso, sua impermeabilidade se manteve (Figura 16).

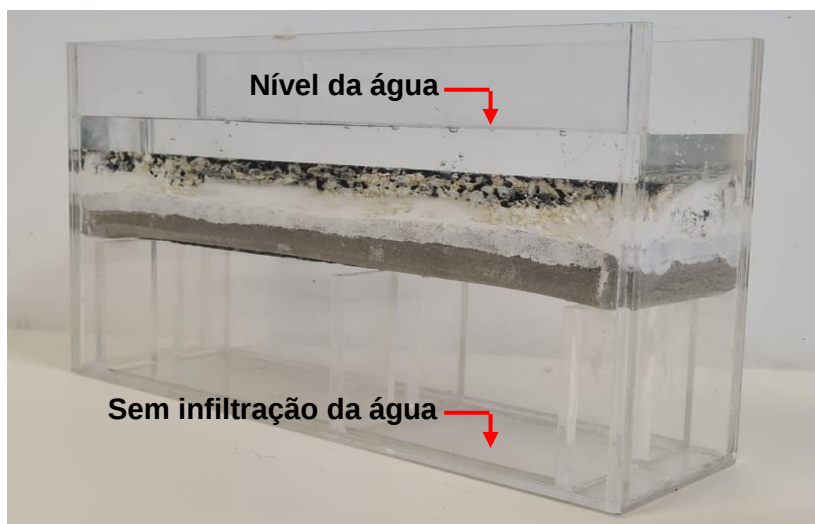


Figura 16 – Ensaio de estanqueidade do corpo de prova com geotêxtil impregnado com asfalto, sem presença de infiltração de água.



3.5 Ensaio de aderência em corpos de prova cilíndrico sem e com o geotêxtil impregnado com asfalto

Para a realização do ensaio de aderência entre camadas asfálticas com o geotêxtil impregnado com asfalto como camada intermediária, foi necessária a moldagem dos corpos de provas cilíndricos em duas etapas: a primeira camada Faixa III DNIT, foi moldada corpos de provas de 150 mm de diâmetro com 60 mm de altura, para isto foi utilizado o compactador giratório (Figura 17). O compactador giratório permite definir o número de giros, a tensão axial, ângulo giratório e velocidade de rotação desejada, permitindo que ele atenda todos os padrões internacionais de compactação giratória.

Após a moldagem da primeira camada de mistura asfáltica e com uma semana de cura do concreto asfáltico se procedeu à moldagem da segunda metade, desta vez com a camada porosa de atrito (CPA), para isto, foi colocado dentro do cilindro do compactador giratório a primeira camada anteriormente moldada, aplicação de uma leve pintura de ligação com emulsão RR-1C, seguido da instalação do geotêxtil impregnado e sobre ele a mistura asfáltica de CPA, para assim, realizar a compactação do conjunto (Figura 18).



Figura 17 – Compactação da primeira camada de mistura asfáltica Faixa III DNIT.



Figura 18 – Colocação do geotêxtil impregnado e compactação da segunda camada de mistura asfáltica em CPA.

O ensaio de cisalhamento direto “Leutner” foi realizado utilizando uma prensa “Instrons”. A carga é aplicada através de uma guilhotina semicircular exatamente na interface onde se encontra a camada intermediária de geotêxtil impregnado na velocidade de 50 mm/minuto (Figura 19). O ensaio finaliza quando o sistema acusa a ruptura em cisalhamento ou deslocamento da camada onde é aplicada a força.



Segundo a norma alemã ZTV SIB 90 para corpos de prova de 15 cm de diâmetro a aderência é satisfatória se a carga de cisalhamento aplicada no ensaio for:

- ≥ 15 kN na interface entre a camada de revestimento e binder.
- ≥ 12 kN na interface entre outras camadas asfálticas.

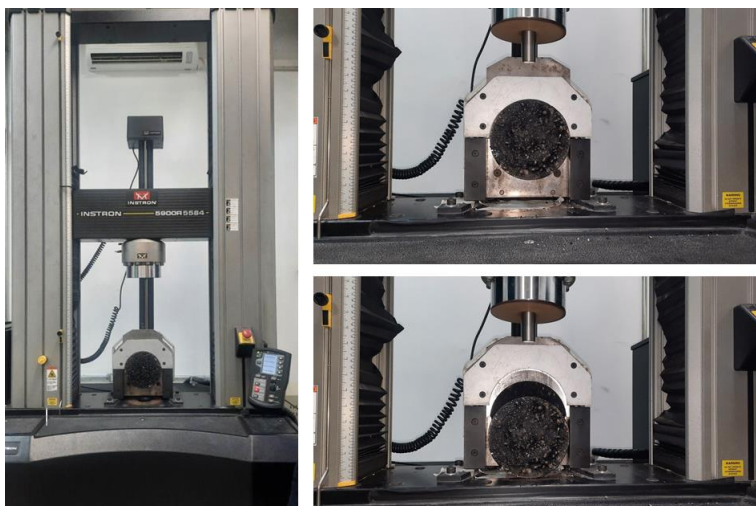


Figura 19 – Ensaio de cisalhamento direto “Leutner” nos corpos de prova sem e com geotêxtil impregnado com asfalto.

Os resultados dos ensaios de cisalhamento direto “Leutner” nos corpos de prova sem e com geotêxtil impregnado com asfalto, são apresentados na Figura 20.

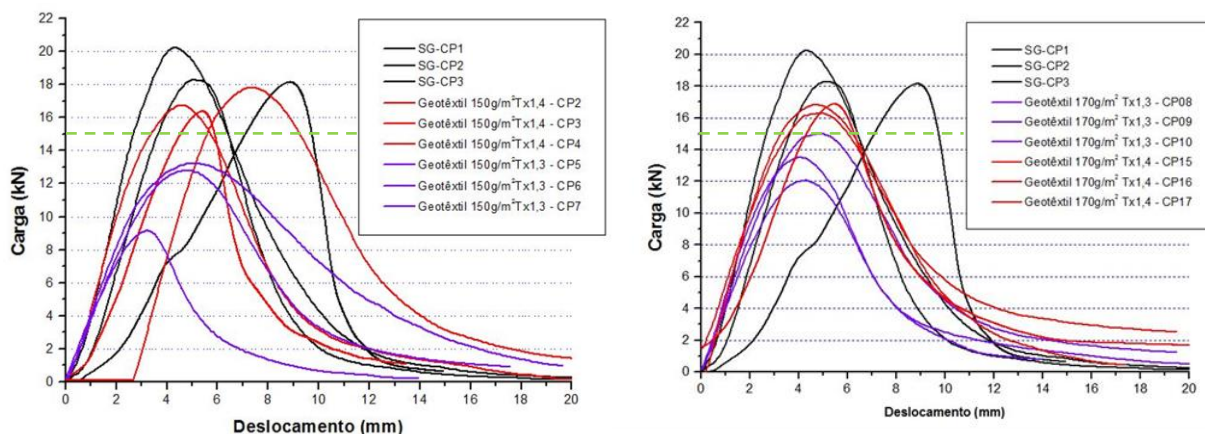


Figura 20 – Resultados dos ensaios de cisalhamento direto “Leutner” nos corpos de prova com geotêxtil de 150 g/m² e 170 g/m² impregnado com asfalto.

4 CONCLUSÕES

- ❖ Foi possível observar que a taxa de impregnação de 1,2 l/m² não foi o suficiente para impermeabilizar, porém as taxas de impregnação de 1,3 l/m² e 1,4 l/m² foram satisfatórias para impermeabilizar os geotêxtil de 150 g/m² e 170g/m² respectivamente, suportando a carga de água.



- ❖ Através dos ensaios de impermeabilidade dos corpos de prova de CPA com geotêxtil impregnado, conclui-se que, o geotêxtil não tecido impregnado com asfalto utilizado como camada intermediária na camada porosa de atrito é uma excelente alternativa de restauração de pavimentos trincados, uma vez que auxilia em não acumular água sobre o revestimento asfáltico, além de evitar a infiltração da água nas camadas subjacentes da estrutura do pavimento, desta forma a CPA cumpre sua função de aumentar o atrito entre o revestimento e os pneus dos veículos, evitando com que haja derrapagem dos mesmos e tornando o pavimento mais seguro.
- ❖ A taxa de $1,4 \text{ l/m}^2$ foi satisfatória na aderência e demonstram a eficiência da camada de geossintético como camada intermediária. Ressalta-se que em uma restauração de pavimentos geralmente é realizado uma fresagem é de se esperar que o atrito aumente e consequentemente devam se atingir valores superiores aos obtidos em laboratório.

COMENTÁRIOS FINAIS

Montestruque (2002), concluiu que o geotêxtil não tecido, quando bem impregnado, garante aderência, estabilidade, resistência mecânica, e maior vida de serviço do pavimento, se tornando uma opção altamente vantajosa para os que procuram soluções em recapeamentos asfálticos.

Finalizando o geotêxtil impregnado com asfalto é uma técnica que foi utilizada em Brasil, Sul America e no mundo com bastante sucesso, nos locais que foram especificados e aplicados corretamente. Esta técnica desapareceu no Brasil, porque surgiram problemas de escorregamento da massa asfáltica devido uma deficiente impregnação com asfalto em campo. Este problema seria eliminado se este material fosse impregnado em fabrica com rigoroso controle de qualidade, neste contexto, em obra bastaria apenas desenrolar a bobina e aplicar em seguida a mistura asfáltica de recapeamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABINT. - Associação Brasileira das Indústrias de Não Tecidos e Tecidos Técnicos. Curso Básico de Geotêxteis. Janeiro, 2001.
- ABEDA (Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos).- Manual básico de emulsões asfálticas: soluções para pavimentar sua cidade. Rio de Janeiro. 2001.
- BAUER, L.A.F. Materiais de Construção. 5ª Edição. Brasil: Livro Técnico e Científico Editora, Volume 2, 1999.
- ZTV-SIB 90 - German Testing Specification.
- MONTESTRUQUE, G.- “Contribuição para a Elaboração de Método de Projeto de Restauração de Pavimentos Asfálticos Utilizando Geossintéticos em Sistemas Anti-Reflexão de Trincas”. Tese de doutorado, Instituto Tecnológico de Aeronáutico. São José dos Campos, São Paulo, Brasil, novembro 2002.

AGRADECIMENTOS

- ❖ Especial agradecimento ao Dr. Eng. Luis Miguel Gutierrez Klinsky, Eng. Geraldo Pereira ao Téc. Cleto Damasceno e toda a equipe do Centro de Pesquisa Rodoviário da Concessionária RioSP, pelo fornecimento das instalações e equipamentos necessários para as moldagens dos corpos de provas asfálticos utilizados nesta pesquisa.
- ❖ À empresa Maccaferri do Brasil pelo fornecimento dos geotêxteis não tecidos utilizados nesta pesquisa.
- ❖ À Prof.^a Dr.^a. Nara Oliveira Yokoyama, Coordenadora do Curso de Engenharia Civil, UNIVAP.