

DIFERENTES TIPOS DE DOSAGENS DA CAMADA POROSA DE ATRITO UTILIZANDO NANO FIBRAS DE GRAFENO.

BRUNO HENRIQUE SIMÃO SOARES^{1*}, FÁBIO LUIS NEVES ARAUJO², MAURIDES PAULO DUTRA JUNIOR³

¹Graduando em Engenharia Civil, UNIPAM, Patos de Minas-MG, brunohssoares29@gmail.com

²Graduando em Engenharia Civil, UNIPAM, Patos de Minas-MG, fabiolnevesa@gmail.com

³Eng.º. Civil, Maurides Paulo Dutra Junior, Patos de Minas-MG, maurides@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: A malha rodoviária em picos de chuvas ocasiona muitos acidentes pelo fenômeno de aquaplanagem. Visando conforto e segurança aos usuários, este artigo abordara a utilização da Camada Porosa de Atrito (CPA), afim de eliminar esta problemática. Com adição da nano fibras de grafeno, onde este tem função de elevar a resistência, durabilidade e garantir a permeabilidade dá sobre camada. Foi utilizado o ensaio de granulometria para encontrar o traço, para cada corpo de prova (CP), foi estabelecido variações de ligante CAP 50/70 de 4 e 5%, com número de golpes para compactação de 50 e 75 por face do CP. Para determinar a sua permeabilidade montou-se um permeâmetro de carga variável, do qual o sistema consiste em medir o coeficiente de permeabilidade. Considera que o grau de permeabilidade deve ser médio e alto para que garantir a permeabilidade dá sobre camada. Com os resultados obtidos dos CPs de CPA, foi observado que os CPs de 4% de ligante com 75 golpes obteve a melhor resistência da camada convencional. Desta forma procedeu com o mesmo traço com 4% de ligante introduzindo 0,3% de grafeno, de maneira que a fibra teve um aumento significativo na resistência do CP. Sendo assim novos ensaios podem ser realizados, afim de melhor o traço, contribuindo para a sua aplicação em estradas de trafego pesado, entre outras utilizações.

PALAVRAS-CHAVE: Dosagem, Camada Porosa de Atrito, grafeno, permeabilidade.

DISCRIMINATION OF PLUVIOMETRIC SCENARIOS USING GAMMA INCOMPLETE DISTRIBUTION AND KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

ABSTRACT: The highway network in peaks of rain results in many car crashes as a result of aquaplaning. Seeking confort and safety of the users, this article talks about the use of the Porous Layer of Friction (PLF), in order to eliminate aquaplaning situation. Adding the nanofiber of graphene, wich has the function of raising the resistance, durability and ansure the permeability of the overlying. It was used granulometry test to find the trace, for each specimen, variations of the binder cap CAP 50/70 were established from 4 and 5%, with the number of hits for compactation from 50 and 75 per face of specimen. In order to determinate its permeability, a parameter of variable load was built, which system consists in a measuring the coefficient of permeability. It is considered that rate of permeability must be medium or high to ensure the permeability over the layer. According to the given results of specimen PLF, it was possible to notice that the specimen of 4% binder and 75 hits detained the best resistance of the conventional layer. This way the test went on with the same trace with 4% binder adding 0,3% of graphene, in a way that the fiber had a significant increase in the resistance of the specimen. New tests may be realized, in the order to improve the trace, helping to its application in highways of heavy traffic, among others utilizations.

KEYWORDS: Dosage, Porous Layer of Friction, graphene, permeability.

INTRODUÇÃO

A pavimentação é um fator fundamental para o desenvolvimento no país. Onde milhares de usuários transitam sobre esta malha rodoviária, para estes usuários, o necessário são projetos estradais que visam o conforto e segurança. Só que a realidade que vem ocorrendo sobre esta malha estradal, é a grande falta de segurança para os usuários, acarretando muitos acidentes, principalmente em períodos chuvosos, ocasionados pelo fenômeno de aquaplanagem nas rodovias.

O estudo para evitar a problemática de aquaplanagem em épocas de grandes picos de chuvas é a camada porosa de atrito (CPA) com adição de nano fibras de grafeno, este é um concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ). A camada porosa de atrito é uma sobre camada do pavimento impermeável. Este CPA contribui para drenagem das rodovias, de modo que a água percole através CPA até chegar na camada impermeável, em seguida escoando horizontalmente para sarjetas.

Esta fibra a ser adicionada é um material muito resistente, mas em contrapartida a sua obtenção ainda é de certa forma difícil, pelos métodos existentes atuais. Este ainda estabelece as propriedades físicas, mecânicas e estruturais necessárias para adequar ao uso no CPA. Sendo assim a nano fibra aumenta a resistência da camada porosa de atrito, dando conforto e segurança para os usuários.

MATERIAIS E METODOS

Inicialmente, o estudo de dosagem da camada porosa de atrito foi desenvolvido no laboratório do Centro Universitário de Patos de Minas-UNIPAM. Foi realizado três tipos de ensaios para este CPA, ensaio de granulometria para determinar o traço ideal a ser utilizado, o ensaio Marshall e o ensaio de permeabilidade utilizando o permeâmetro de carga variável.

Foi efetuado o ensaio granulométrico, para determinação da faixa a ser empregada, utilizou as peneiras de acordo com a DNER 386/99, estas são as peneiras de: 19mm, 12,5mm, 9,5mm, 4,75mm, 2,36mm e de 200mm. Para o ensaio utilizado 1 kg de brita 1 e 1 kg de brita 0. Logo após as peneiras foram empilhadas e colocadas no disperso elétrico por 5 minutos. Em seguida, retirou-se as quantidades de britas que ficou retida nas peneiras, com estes números foi feito uma tabela para saber a faixa trabalhada.

Tabela 1: Ensaio Granulométrico

| B1 | | B0 | |
|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| PENEIRA # | QUANTIDADE (g) | PENEIRA # | QUANTIDADE (g) |
| 3/4" | 71,7 | 3/4" | 0 |
| 1/2" | 716 | 1/2" | 0 |
| 3/8" | 192,8 | 3/8" | 67,07 |
| 4" | 18,1 | 4" | 719,56 |
| 8" | 0 | 8" | 192,06 |
| 200 | 1,1 | 200 | 17,36 |
| Fundo | 0,3 | Fundo | 3,95 |
| Total | 1000 | Total | 1000 |

Fonte: Autoria própria, 2016.

Conforme a DNER-ME 043-95 a modelagem dos CPs de misturas densas, tem que ser realizadas com o compactador Marshall, sendo que necessita de 75 golpes por face, para misturas executadas em rodovias de tráfego intenso. Ainda colaborando com a norma, se utiliza 50 golpes aplicados nos CPs pelo compactador Marshall, para rodovias onde a circulação é mais leve.

Para o ensaio Marshall, foi realizado diferentes tipos de dosagem, tendo como ponto principal a variação de ligante CAP 50/70, com porcentagens de 4% e 5% com diferentes tipos de golpes 50 e 75 golpes de acordo com as especificações do DNER- ME 043/95, para cada grupo de porcentagens foi executado 3 corpos de provas (CP) totalizando 15. Foi feito o cálculo para saber a quantidade de massa do CP com 4" (10,16 cm) de diâmetro e 7 cm de altura, com massa específica aparente de (1,765 g/cm³), correspondendo a 1001 g por corpo de prova.

Para romper os corpos de prova e se determinar a sua tensão pelo ensaio de compressão diametral, foi utilizado a prensa universal EMIC DL 20000.

Para pavimentos permeáveis, deve se ter um grau de permeabilidade media, para que o fluido percole no meio poroso dá sobre camada, assim medindo o seu tempo de percolação. Para medir a permeabilidade foi feito um permeâmetro de carga variável de acordo com American Concrete Institute, ACI – 522R-06 (2006), já que não existe norma brasileira para asfaltos permeáveis.

Figura 1: Permeâmetro de carga variável.



Fonte: Autoria própria, 2016.

O sistema consiste em saturar a amostra com água até o nível do tubo de saída d'água, para se determinar esse nível foi utilizado uma mangueira de nível, no qual era efetuado a cada troca de CP, os pontos de altura do nível eram, ao topo da amostra e ao topo do tubo de saída. Após a amostra estar saturada se fecha a válvula e o tubo é preenchido com uma coluna de água de 40 cm.

O ensaio foi realizado três vezes, utilizando um cronometro para marcar os segundos que a água percolaria, considerando o tempo médio para se determinar o coeficiente de permeabilidade de acordo com a lei de Darcy.

$$k = \frac{A1 * L}{A2 * T} * \log\left(\frac{h1}{h2}\right)$$

Onde:

K: coeficiente de permeabilidade

A1: área do corpo de prova

A2: área do tubo

L: comprimento da amostra (diâmetro)

T: tempo médio

h1: altura inicial

h2: altura final

Para se determinar a relação de coeficiente de permeabilidade foi utilizado, a tabela (Terzaghi & Peck, 1967), no qual faz um comparativo com o coeficiente obtido pela lei de Darcy, com a permeabilidade real do objeto testado.

Tabela 2: Relação entre o coeficiente de permeabilidade e o Grau de permeabilidade

| Coeficiente de permeabilidade k (m/s) | Grau de permeabilidade |
|--|------------------------|
| $\geq 10^{-3}$ | Alta |
| 10^{-3} a 10^{-5} | Media |
| 10^{-5} a 10^{-7} | Baixa |
| 10^{-7} a 10^{-9} | Muito baixa |
| $< 10^{-9}$ | Quase impermeável |

Fonte: (Terzaghi & Peck, 1967).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a faixa granulométrica, optou-se por um traço mais “puro”, para que assim, adquirisse os resultados mais corretos possíveis, demonstrando a eficácia do uso da nano fibra de grafeno aplicada ao CPA. O traço utilizado para a massa asfáltica do CPA foi de: 80% de brita 1, 20% de brita 0, uma variação de 4% a 5% de ligante CAP e 0,3% de grafeno aos CPs específicos.

Foi realizado a princípio a execução dos CPs do CPA convencional sem a adição do grafeno. Como pode ser observado nas tabelas a seguir:

Tabela 3: Resultado de resistência a tração da camada porosa de atrito sem nano fibras de grafeno com 50 golpes

| Corpos de Provas | Compactador | Número de golpes por face | Teor de ligante (%) | Tensão (Mpa) | Tensão média (Mpa) |
|------------------|-------------|---------------------------|---------------------|--------------|--------------------|
| 1 | Marshall | 50 golpes | 4 | 0,36 | 0,436667 |
| 2 | | | | 0,42 | |
| 3 | | | | 0,53 | |
| 4 | | | 5 | 0,31 | |
| 5 | | | | 0,26 | |
| 6 | | | | 0,27 | |

Fonte: Autoria própria, 2016.

Tabela 4: Resultado de resistência a tração da camada porosa de atrito sem nano fibras de grafeno com 75 golpes.

| Corpos de Provas | Compactador | Número de golpes por face | Teor de ligante (%) | Tensão (Mpa) | Tensão média (Mpa) |
|------------------|-------------|---------------------------|---------------------|--------------|--------------------|
| 1 | Marshall | 75 golpes | 4 | 0,42 | 0,44 |
| 2 | | | | 0,45 | |
| 3 | | | | 0,45 | |
| 4 | | | 5 | 0,37 | |
| 5 | | | | 0,55 | |
| 6 | | | | 0,32 | |

Fonte: Autoria própria, 2016.

Com os resultados obtidos dos CPs da camada porosa de atrito, foi observado que o CP de 4% de ligante com 75 golpes obteve a melhor resistência. Desta forma procedeu com o mesmo traço com 4% de ligante introduzindo 0,3% de grafeno, para se observar se haveria ganho de resistência.

Tabela 5: Resultado a resistência de tração com nano fibras de grafeno.

| CPs Grafeno | Compactador | Número de golpes por face | Teor de ligante (%) | Tensão (Mpa) | Tensão média (Mpa) |
|-------------|-------------|---------------------------|---------------------|--------------|--------------------|
| 1 | Marshall | 75 golpes | 4 | 0,57 | 0,5066667 |
| 2 | | | | 0,44 | |
| 3 | | | | 0,51 | |

Fonte: Autoria própria, 2016.

Pode-se analisar que com a introdução do grafeno, o CP alcançou um ganho significativo de 34,5% de resistência, perante o mesmo traço sem a adição do grafeno.

O coeficiente de permeabilidade da camada porosa de atrito foram todas altas, independentemente da quantidade de ligante utilizada, desta forma gerando uma possibilidade para a utilização de fillers em experimentos futuros, dando assim uma resistência maior para o CPA e ainda garantindo que o fluido percole sem problemas no CPA, tornando assim a possibilidade de eliminar a aquaplanagem dos veículos parcialmente ou completamente, dependendo da intensidade das chuvas nos locais.

A tabela a seguir mostra os resultados de ensaio de permeabilidade com os teores de ligante e por número de golpes por face.

Tabela 6: Resultado ensaio de permeabilidade.

| Corpos de provas | Teor de ligante (%) | Número de golpes por face | Área (m ²) | Altura (m) | Diâmetro (m) | Intervalo de tempo (s) | Coefficiente de permeabilidade (k) (m/s) | Grau de permeabilidade |
|------------------|---------------------|---------------------------|------------------------|------------|--------------|------------------------|--|------------------------|
| 1 | 4 | 50 | 0,8251 | 0,4 | 0,103 | 18,41 | $1,036 \times 10^{-3}$ | ALTA |
| 2 | 5 | | | | | 16,06 | $1,184 \times 10^{-2}$ | ALTA |
| 3 | 4 | 18,86 | | | | $1,008 \times 10^{-2}$ | ALTA | |
| 4 | 5 | 75 | | | | 18,07 | $1,059 \times 10^{-2}$ | ALTA |
| 5 (grafeno) | 4 | | | | | 16,64 | $1,15 \times 10^{-2}$ | ALTA |

Fonte: Autoria própria, 2016.

Desta maneira a utilização do grafeno gerou um ganho de resistência significativa, sem perder a permeabilidade do CP, demonstrando assim que o experimento foi um sucesso.

Tendo em vista que o traço para o CPA foi realizado apenas para a demonstração do ganho de resistência pela utilização do grafeno, esse mesmo não se enquadra na norma do DNER 386/99, que determina uma resistência mínima de 0,55 Mpa para pavimentos permeáveis.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos pelo ensaio de tração por compactação diametral e permeabilidade, podemos perceber que o grafeno mesmo com um traço ainda não ideal, gerou um aumento significativo de 34,5% na resistência do CPA, sendo assim novos ensaios podem ser realizados afim de melhorar o traço tornando este um método, mais eficiente para a sua aplicação em estradas de trafego pesado, entre outras utilizações.

Pode-se perceber que mesmo utilizando uma quantidade pequena de nano fibra de grafeno, obtivemos um ganho significativo de resistência, isso gera inúmeras possibilidades para o seu uso, podendo haver desta forma uma diminuição de outros materiais, gerando assim uma economia de gastos primários.

REFERÊNCIAS

- ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. 2012. Disponível em: http://www.oterprem.com.br/site/imagens/laudo_1_0075871.pdf. Acesso em: 15 de junho de 2016.
- ACI Committee 522. Pervious Concrete (ACI 522R-06). American Concrete Institute. 2006. 25p.
- DNER. Departamento de Estradas de Rodagem. DNER-ME 043/95: Método Marshall. 1995. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me043-95.pdf>. Acesso em: 04 maio 2016.
- DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER-ES 386/99: Pavimentação - pré-misturado a quente com asfalto polímero - camada porosa de atrito. 1999. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dner-es386-99.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2016.
- TERZAGHI K.; PECK R. B. Soil Mechanics in Engineering Practice, 2 ed. John Wiley, 1967. 588p.