

O USO DE PAVIMENTAÇÃO PERMEÁVEL COMO SOLUÇÃO PARA PROBLEMAS DE DRENAGEM URBANA EM ARACAJU-SE

Higo Matheus Santana Quintiliano dos Santos
higo-matheus@hotmail.com

Geverson de Jesus Moura
geverson_gel@hotmail.com

Maria Rita dos Santos
mariaritta000@gmail.com

Louise Francisca Sampaio Brandão
lusampaio_eng@yahoo.com.br

Resumo – Um dos principais impactos do crescimento de áreas impermeáveis nos centros urbanos é o aumento no volume do escoamento superficial das águas pluviais, que, conseqüentemente, torna cenários de alagamentos urbanos mais frequente e intensos. Esse fato está relacionado com a diminuição do escoamento de base, e pode afetar negativamente o meio ambiente, comprometendo a recarga dos lençóis freáticos, gerando então, uma sobrecarga no sistema de drenagem que muitas vezes trabalha no limite de sua capacidade. A drenagem urbana surge com a finalidade de carrear a água das precipitações, o mais rápido possível, no entanto, muitas vezes os elementos de drenagem são subdimensionados, não suportando a real vazão do local. Desta forma, este trabalho tem como objetivo verificar a aplicabilidade de pavimento permeável nas ruas transversais à Avenida Euclides Figueiredo, na cidade de Aracaju-SE, além servir de embasamento para, em estudos futuros, contribuir na busca de soluções para os efeitos negativos causados pelo escoamento superficial das águas da chuva. Para tanto, foram realizados estudos em campo e em laboratório envolvendo estudo de tráfego, análise de características mecânicas das camadas de suporte do pavimento já existente e dimensionamento da camada revestimento superficial de um possível pavimento permeável segundo as especificações do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). O seguinte trabalho serve como embasamento para pesquisas futuras ao mostrar que é tecnicamente possível a implementação de pavimentação permeável nas ruas estudadas e, que se replicado

em maior escala, o sistema pode contribuir com a redução do escoamento superficial na avenida e, conseqüentemente, diminuir a sobrecarga do sistema de drenagem existente.

Palavras-Chave: Pavimento permeável; sistemas de drenagem.

INTRODUÇÃO

Segundo Tucci et al. (2007), o desenvolvimento urbano no Brasil é o principal responsável pelo crescimento de fenômenos como inundações; o que conseqüentemente gera um aumento na produção de sedimentos e redução na qualidade da água.

Nesse contexto, o pavimento permeável é uma alternativa para a redução dos volumes de escoamento superficial e vazões de pico a níveis iguais ou até inferiores aos observados antes da urbanização, além da redução do impacto da qualidade da água e dos sedimentos.

Devido a uma série de problemas que impacta negativamente o meio ambiente e a população que desempenha atividades no entorno da Avenida Euclides Figueiredo em Aracaju – SE, este trabalho visa minorar problemas como alagamentos, buscando estudar e testar um dispositivo como o pavimento permeável, associado aos elementos de drenagem, para minimizar o aporte de sedimentos e reduzir a vazão de pico, e com isso, contribuir para obtenção de dados mais precisos referentes ao uso dessa técnica ou combinações de técnicas com essas funções.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo verificar a aplicabilidade de pavimento permeável nas ruas transversais à Avenida Euclides Figueiredo, na cidade de Aracaju-SE, buscando-se amenizar os efeitos negativos causados pelo escoamento superficial das águas da chuva. Os objetivos específicos são:

-Investigar a capacidade de absorção de água do pavimento permeável;

-Avaliar a resistência do pavimento permeável com relação ao tráfego local;

A proposta inicial do trabalho foi avaliar a capacidade de carga do pavimento, utilizando as camadas subjacentes já existentes. Contudo, viu-se a necessidade da construção de um reservatório, logo abaixo da camada de rolagem. O item correspondente a verificação da resistência do conjunto, ainda não foi posto em prática, devido à ausência de equipamentos nos laboratórios do campus. Por isso, ensaiouse a resistência à tração, exclusivamente dos corpos de prova de asfalto poroso, cujos os traços foram desenvolvidos no laboratório da usina de asfalto da EMURB.

Vem-se tentando realizar o ensaio remanescente em parceria com a Universidade Federal de Sergipe (UFS), onde montaremos uma camada de base constituída de brita graduada simples e resíduo de construção civil (tornando-a mais econômica), e submeteremos o conjunto a um carregamento dinâmico, simulando a interação pneu-pavimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, foi feita uma contagem de tráfego ao longo de uma semana, a fim de determinar a quantidade de unidade de carros de passeio (UCP) que transitam diariamente na região, o que vai influenciar diretamente no cálculo de resistência do pavimento e, consequentemente, no dimensionamento.

Logo em seguida, foram coletados os materiais das camadas de base e sub-base do pavimento já existentes em ruas transversais à Avenida Euclides Figueiredo, fazendo uso de umequipamento comumente

conhecido como “alavanca”. Esse material foi armazenado em baldes e levado até o laboratório de mecânica dos solos (27-A) do IFS – Campus Aracaju. Posteriormente, foram executados, em laboratório, ensaios de análise granulométrica, limite de liquidez, limite de plasticidade, compactação e determinação do ISC, de modo a conhecer as características do material recolhido. De posse dos resultados obtidos em laboratório, foi realizado o estudo, considerando a substituição desse material por outro mais permeável, visando a não alteração suas propriedades após a compactação.

Em seguida, foram obtidos dados junto à EMURB, referentes à topografia e rede de drenagem da área, para um melhor entendimento da disposição dos elementos de drenagem.

Posteriormente, foram desenvolvidos dois traços distintos de asfalto poroso no laboratório da EMURB, utilizando o Método de Marshall para a dosagem, que consiste em determinar as massas específicas reais dos agregados e do cimento asfáltico de petróleo (CAP). Além disso, foram desenvolvidos ensaios de permeabilidade e de resistência a tração por compressão diametral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 aponta os valores de equivalência para a conversão dos valores obtidos com as contagens em campo.

Tipo de Veículo	Valor de Equivalência para UCP
Veículo de Passeio	1,0
Caminhão, Ônibus	1,5
Semirreboque, Reboque	2,0
Moto	1,0
Bicicleta	0,5
Sem Identificação	1,1

Quadro 1: Fator de Equivalência em UCP.

Fonte: DNIT (2006)

De acordo com as contagens de tráfego realizadas em campo, a Rua H foi considerada a de fluxo mais intenso dentre as analisadas (34,75 UCP/h), e pôde ser enquadrada, quanto a

sua classe, na Classe II, onde os motoristas não esperam trafegar em alta velocidade; e quanto ao nível de serviço, em A, nível que descreve a melhor qualidade de tráfego e o fluxo não ultrapassa 490 UCP/h.

Desta maneira, a rua escolhida para realização dos furos de prospecção para determinar, em laboratório, as propriedades mecânicas das camadas de suporte (base e sub-base) do pavimento já existente, foi a Rua H, uma vez que fora a mais solicitada e com menor inclinação.

Na etapa seguinte, onde procedeu-se com a dosagem da camada porosa de atrito (CPA), adotando o Método de Marshall, buscou-se atender os parâmetros impostos pela especificação brasileira do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), para a verificação das condições de vazios (de 18 a 25%), desgaste por abrasão Los Angeles (até 25%) e resistência à tração por compressão diametral (no mínimo, 5,5 kgf/cm², a 25°C).

Para esse estudo foi utilizado o CAP 50/70, que recebe esse nome devido ao ensaio de penetração. Optou-se pela comparação entre dois traços, dosados com mesmo teor de ligante asfáltico (3,5%) e diferentes frações para os agregados. O primeiro traço foi composto por 85% de brita e 15% de pó de pedra, enquanto que no segundo, percebeu-se que a mistura poderia ser “afinada” sem que deixasse de atender às especificações, diminuindo a quantidade de brita para 80% e aumentando a do pó de pedra para 20%.

Os parâmetros que, posteriormente, iriam definir o comportamento do revestimento asfáltico: porcentagem de vazios, volume cheio de betume (VCB.), volume de agregado mineral (VAM), e relação de betume vazios (RBV); estão expostos na Tabela 1.

Semirreboque, Reboque	2,0
Moto	1,0
Bicicleta	0,5
Sem Identificação	1,1

Quadro 1: Fator de Equivalência em UCP. Fonte: DNIT (2006)

De acordo com as contagens de tráfego realizadas em campo, a Rua H foi considerada a de fluxo mais intenso dentre as analisadas (34,75 UCP/h), e pôde ser enquadrada, quanto a sua classe, na Classe II, onde os motoristas não esperam trafegar em alta velocidade; e quanto ao nível de serviço, em A, nível que descreve a melhor qualidade de tráfego e o fluxo não ultrapassa 490 UCP/h.

Desta maneira, a rua escolhida para realização dos furos de prospecção para determinar, em laboratório, as propriedades mecânicas das camadas de suporte (base e sub-base) do pavimento já existente, foi a Rua H, uma vez que fora a mais solicitada e com menor inclinação.

Na etapa seguinte, onde procedeu-se com a dosagem da camada porosa de atrito (CPA), adotando o Método de Marshall, buscou-se atender os parâmetros impostos pela especificação brasileira do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), para a verificação das condições de vazios (de 18 a 25%), desgaste por abrasão Los Angeles (até 25%) e resistência à tração por compressão diametral (no mínimo, 5,5 kgf/cm², a 25°C).

Para esse estudo foi utilizado o CAP 50/70, que recebe esse nome devido ao ensaio de penetração. Optou-se pela comparação entre dois traços, dosados com mesmo teor de ligante asfáltico (3,5%) e diferentes frações para os agregados. O primeiro traço foi composto por 85% de brita e 15% de pó de pedra, enquanto que no segundo, percebeu-se que a mistura poderia ser “afinada” sem que deixasse de atender às especificações, diminuindo a quantidade de brita para 80% e aumentando a do pó de pedra para 20%.

Os parâmetros que, posteriormente, iriam definir o comportamento do revestimento asfáltico: porcentagem de vazios, volume cheio de betume (VCB.), volume de agregado mineral (VAM), e relação de betume vazios (RBV); estão expostos na Tabela 1.

	CP 01 0,8B - 0,2P	CP 02 0,85B - 0,15P
Vázios	18,26 %	19,5 %
VCB	7,2 %	7,1 %
VAM	25,5 %	26,6 %
RBV	28,3 %	26,6 %

Tabela 1: Resultados obtidos através do Método de Marshall.
Fonte: Autores.

Nota-se que os dois traços atendem à especificação 386/99 do DNER em relação à porcentagem de vazios. Tendo o traço que contém 85% de brita apresentado um volume maior de vazios em relação ao outro. Isso se dá, justamente, ao aumento da quantidade do agregado que apresenta um $D_{máx} = 19$ mm.

Os resultados obtidos no ensaio de permeabilidade são apresentados na Tabela 2.

	CP 01 0,8B - 0,2P	CP 02 0,85B - 0,15P
Diâmetro (cm)	10,00	10,00
Altura (cm)	6,60	6,70
Área da seção transversal (cm ²)	78,54	78,54
Volume (cm ³)	518,36	526,22
Água adicionada (cm ³)	1000	1000
Tempo de escoamento (s)	54	54
Vazão (mL/s)	18,52	22,22
Vazão (L/s)	0,01852	0,02222
Velocidade (m/s)	2,36	2,83

Tabela 2: Resultado do Ensaio de Permeabilidade.
Fonte: Autores.

A Tabela 3, a seguir, mostra os valores obtidos do ensaio de resistência à tração por compressão diametral.

	CP 01 0,8B - 0,2P	CP 02 0,85B - 0,15P
Leitura do Deflectômetro (Kgf)	800,00	820,00
Estabilidade corrigida (Kgf)	808,00	828,00
Resistência à tração por compressão diametral (em MPa)	0,779	0,787
Resistência à tração por compressão diametral (em Kgf/cm ²)	7,944	8,025

Tabela 3: Resultado do ensaio de Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral. **Fonte:** Autores.

Nota-se que os dois traços também atendem à especificação 386/99 do DNER quanto à resistência à tração tração por compressão diametral.

CONCLUSÕES

O trabalho contribue tecnicamente para a comunidade, ao mostrar que a construção de pavimentos permeáveis em rua adejascentes à Avenida Euclides Figueiredo não é apenas possível como, se consumada, possibilita a redução da vazão de pico na região, além de contribuir com a recarga do lençol freático. Ademais, se o método for implementado em mais áreas, haverá redução no custo dos projetos de drenagem. Além disso, possibilidade de incorporação de materiais alternativos na composição dessa camada permeável, no lugar do CPA, traz uma nova forma de utilização de resíduos de construção civil (RCC) e resíduos plásticos (PET), evitando que estes sejam descartados no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459:** Solo - Determinação do limite de liquidez. ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180:** Solo - Determinação do limite de plasticidade. ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181:** Solo - Análise granulométrica. ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182:** Solo - Ensaio de compactação. ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222:** Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895:** Solo - Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio. ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416:** Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos. ABNT, 2015.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Manual de estudos de tráfego. - Rio de Janeiro, 2006. 384 p. (IPR. Publ., 723).

SOARES CRUZ, Marcus Aurélio; TUCCI, Eduardo Morelli. **Otimização das Obras de Controle de Cheias em uma Bacia Urbana.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 12, n. 2, p.63-80, 2007.