

IX-020 - LEVANTAMENTO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS NO CENTRO DE CURITIBA-PR, COMO FORMA DE MINIMIZAÇÃO DE INUNDAÇÕES

Leandro Christmann⁽¹⁾

Engenheiro de Produção Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Marcel Alcântara Ramos

Engenheiro de Produção Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

André Nagalli

Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental e Doutor em Geologia pela Universidade Federal do Paraná. Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Endereço⁽¹⁾: Rua Padre Tiago Alberione, 79 – Santa Felicidade - Curitiba - PR - CEP: 82020-280 - Brasil - Tel: (41) 8865-4998 - e-mail: leandrochristmann@hotmail.com

RESUMO

Esta pesquisa apresenta o levantamento de áreas, para o bairro Centro da cidade de Curitiba-PR, com o objetivo de analisar a viabilidade de instalação dos pavimentos permeáveis para minimização de inundações. Foram analisadas áreas de: pavimentação, de terrenos e de estacionamentos públicos. Para a implantação do pavimento permeável é sugerida a área de estacionamentos públicos contidos em vias públicas da região. Foi considerada uma largura de 2,10 metros para a sua implantação. Constatou-se que o bairro Centro possui 86,45% de pavimento asfáltico em relação a toda pavimentação da região. Os estudos feitos em alguns quarteirões, de maneira amostral e aleatória – cerca de 8% de área analisada - apontam que cerca de 93% do bairro já está impermeabilizado, aumentando o escoamento superficial e a incidência nas enchentes. Também se obteve seis regiões de foco de alagamentos no Centro da Capital, totalizando uma área de 132.746 m². Foram calculadas as vazões das sub-bacias da região e os resultados comparados com o volume de água que infiltraria no solo caso fossem implantados pavimentos permeáveis nas áreas propostas. Os resultados revelaram uma correlação entre estes volumes de apenas 0,05% de melhoria no coeficiente de deflúvio. Conclui-se que o tipo de solo da região não permitiu a viabilidade técnica de implantação de pavimentos permeáveis no bairro Centro de Curitiba. Apesar da insignificante melhora não se pode dizer que a técnica é ineficaz visto que o principal problema, na sua utilização, é o tipo de solo local. Logo, sugere-se um estudo da implantação dos pisos permeáveis para a região a montante da Bacia do Rio Belém, onde há solos de maior permeabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimento Permeável, Piso Permeável, Permeabilidade do Solo, Inundações em Curitiba-PR.

INTRODUÇÃO

Com o avanço desenfreado da urbanização, nestas últimas décadas, aumentou-se consideravelmente as áreas impermeáveis, motivo de calçamentos e asfaltos para a população. Porém, não se previa na época que isto acarretaria no aumento do escoamento superficial e no aumento da incidência de inundações. Com toda esta impermeabilização a água pluvial fica impedida de infiltrar no solo, antecipando o pico de deflúvio e conseqüentemente aumentando o volume de água escoado nas galerias pluviais transferindo assim, o problema a jusante.

A pouca infiltração proporcionada nos centros urbanos, causa da impermeabilização dos solos, faz com que os aquíferos (reservatórios de água subterrânea) não sejam recarregados e a capacidade dos rios em épocas de estiagem reduza-se consideravelmente (TUCCI et al, 1995).

Segundo Fendrich (2002) os terrenos centrais para a região de Curitiba, a partir do terraço fluvial do Rio Belém, foram sucessivamente ocupados, bem como suas várzeas, ocasionando a impermeabilização crescente. O autor alerta que as canalizações e as margens drenadas descaracterizaram totalmente a forma natural do rio, agravando-se os problemas das enchentes ao longo de todo seu talvegue, até a exutória no Rio Iguaçu.

Fendrich (2002) informa que vem ocorrendo os mesmos processos em outros rios do Município, tais como: Bacacheri, Barigui, Atuba, Padilhas e Passaúna.

Conforme este avanço da impermeabilização dos solos é que se buscam diversas soluções, provenientes de inúmeras pesquisas, para minimizar estes problemas advindos da urbanização.

Como forma de contribuir para a questão da minimização dos efeitos das inundações nos grandes centros urbanos, pretendeu-se avaliar a viabilidade de aplicação de pavimentos permeáveis em áreas estratégicas do bairro Centro em Curitiba, Paraná.

OBJETIVO

O trabalho objetivou avaliar a viabilidade técnica de utilização de pavimentos permeáveis, e elaboração de proposta dos locais estratégicos para implantação no bairro Centro da cidade de Curitiba-PR, como forma de minimização de inundações. No presente trabalho descrevem-se os principais tipos de pisos permeáveis e como são utilizados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os pavimentos permeáveis são normalmente constituídos de concreto ou asfalto convencional, porém não lhe são acrescentadas as partículas finas, por isso apresentam uma porosidade elevada (CANHOLI, 2005).

A utilização dos pisos permeáveis busca atuar na fonte, prevenindo os efeitos da urbanização, diminuindo o deflúvio proporcionando o amortecimento e interceptação antes que a água atinja a rede de drenagem (ACIOLI, 2005).

Ainda relata Acioli (2005) que os principais locais para a sua implantação são em áreas, tais como: estacionamentos, centros de compras, pátios de manobras, subestações, cemitérios, praças públicas e centros esportivos, que acarretam grandes índices de pico de deflúvios e escoamento superficial. Estes locais são mais apropriados, pois o pavimento permeável possui a desvantagem, por não ter agregados miúdos, de ser menos resistente a fadiga proporcionada pelo tráfego constante de veículos. Logo, para estes lugares há menos frequência de veículos que facilitam a sua utilização.

O solo da região estudada pertence à Formação Guabirota, popularmente conhecido como “sabão de caboclo”. Este solo é composto basicamente de siltes argilosos e argilas siltosas e, em geral, apresenta baixa permeabilidade (DUARTE, 1999). Sua infiltração máxima é de 21 L/ (m².dia) (Kormann, 2002).

Para verificação da implantação desta tecnologia no Bairro Centro da cidade de Curitiba foi realizado um levantamento das áreas permeáveis e impermeáveis deste bairro.

Com estes dados torna-se possível identificar áreas potenciais para infiltração da água no solo. Também foi quantificada a área de estacionamentos públicos contida na região, sendo assim, uma sugestão desta área para implantação do piso permeável.

Foram considerados na análise e subsidiaram o estudo os seguintes dados, fornecidos pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento de Curitiba (IPPUC):

- Indicação do tipo de pavimentação;
- Histórico e áreas de ocorrência de alagamentos;
- Tipos de solo para a região;
- Topografia da região.

As áreas de pavimentação foram calculadas em ambiente digital, via programa CAD – conforme (figura 1). Também foi utilizado o software Google Earth para encontrar as áreas de estacionamentos contidas nas ruas do Centro, bem como, a escolha dos terrenos para análise de suas construções. Estas medições foram confrontadas com a legislação vigente em Curitiba, a fim de se verificar o seu cumprimento.

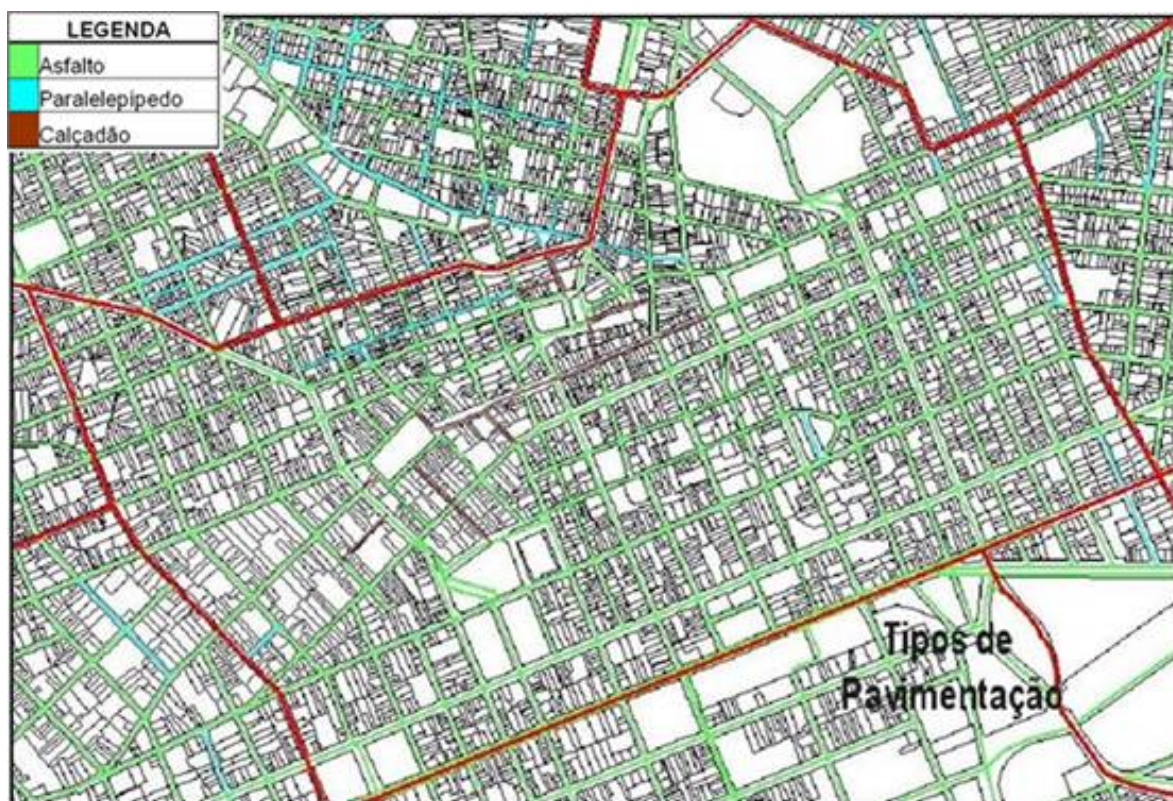


Figura 1 - Áreas de Pavimentação no Centro de Curitiba. Fonte: IPPUC

De posse destes dados, foram executados os balanços hídricos em cada uma das sub-bacias que compõem o bairro Centro de Curitiba, e estimadas as respectivas vazões a partir do Método Racional, conforme equação 1. Foram utilizadas no cálculo as áreas de influência apresentadas na figura 2.

$$Q_1 = \frac{C \times A_1 \times i}{3,6} \quad \text{Eq. (01)}$$

Onde:

Q = Vazão (m³/s);
 C= Coeficiente de deflúvio (adimensional);
 I= precipitação (mm/h);
 A= área (km²).

Porém, para que fosse possível calcular esta vazão se fez necessário buscar os valores do escoamento superficial (C), sendo utilizado o gráfico de Coeficiente de escoamento superficial em função da área impermeável da bacia, segundo Tucci (1995) *apud* Fendrich (2002). Por este gráfico constata-se que o coeficiente de escoamento é diretamente proporcional a área impermeável e que correspondem aproximadamente 1 para 0,95 para a região do Centro de Curitiba. Também se faz necessário saber as chuvas e o tempo de recorrência para encontrar o valor da vazão da bacia.

Logo, segundo estudos realizados por Nascimento *et al.* (2007) é possível verificar os picos de precipitação na região de Curitiba, sendo que os maiores índices pluviométricos, ocorrem na casa dos 60 mm/dia. Em um tempo de recorrência de 3,5 anos, logo estes são os valores adotados para a pesquisa. Com isto calcula-se a vazão.

Com esta vazão faz-se possível calcular a vazão específica, calculada pela equação 2.

$$q_1 = \frac{Q_1}{A_1} \quad \text{Eq. (02)}$$

Sendo assim, é possível calcular a vazão pontual no Centro correlacionado com as áreas de influência de cada sub-bacia, conforme equação 3.

$$Q'_1 = q_1 \times A_1 \quad \text{Eq. (03)}$$

Com isso, podemos calcular uma vazão ponderada para o Centro, correlacionado cada vazão com suas respectivas áreas, segundo equação 4.

$$Q_{ponderada} = \frac{Q'_1 A'_1 + Q'_2 A'_2}{A'_1 + A'_2} \quad \text{Eq. (04)}$$

Com a vazão obtida calcula-se o seu volume gerado para um dia de duração desta precipitação, sendo visto na equação 5.

$$V_1 = Q \times t \quad \text{Eq. (05)}$$

Logo, pode-se calcular o volume de água infiltrado – proporcionada pelo solo - pela área de implantação da técnica, conforme equação 6.

$$V_2 = K \times A_3 \quad \text{Eq. (06)}$$

Com base nas vazões calculadas, foi estimada a área necessária para implantação de pavimentos permeáveis de sorte a se ter a máxima eficiência com a implantação da medida. Foi adotado uma taxa de infiltração igual a 21 L/ (m².dia) (Kormann, 2002). Com o levantamento das áreas disponíveis de estacionamento, na qual foi estudada a troca dos pavimentos para um pavimento permeável.

Para verificar a melhoria proporcionada procedeu-se o cálculo da razão entre as vazões de água pluvial incidente e respectiva infiltração e tem-se a porcentagem de melhoria nesta implantação dos pavimentos permeáveis.

RESULTADOS

Foram quantificadas as áreas impermeáveis atualmente existentes no bairro Centro de Curitiba, a partir dos levantamentos das áreas de pavimentação e das edificações. Para a pavimentação do Centro de Curitiba chegou-se a área total de 1.060.388 m². E para o levantamento das áreas impermeáveis das edificações foi calculada uma área de 2.016.326 m².

Foram demonstradas pelos históricos do IPPUC as regiões com maior incidência de alagamentos. Ao total são seis as regiões com maior recorrência de alagamentos. Estas áreas de inundações foram catalogadas pelo IPPUC, sendo apresentadas na figura 2.

Constatou-se que o bairro Centro possui 86,45% de pavimento asfáltico em relação a toda pavimentação da região. Os estudos feitos em alguns bairros, de maneira amostral e aleatória – cerca de 8,33% de área analisada - apontam que cerca de 93% do bairro já está impermeabilizado, aumentando o escoamento superficial e a incidência nas inundações.

As vazões encontradas pelo Método Racional para as duas sub-bacias foram de 46,5 m³/s e 22,05 m³/s com área de influência de 3,10 km² e 1,47 km², respectivamente. Com isso calcularam-se as vazões específicas sendo (q) igual a 15 (m³/s/km²) em ambas as sub-bacias. Já para as vazões pontuais no Centro obteve-se 33,6 m³/s e 15,90 m³/s das áreas contidas dentro do centro sendo essas de 2,24 km² e 1,06 km² respectivamente.

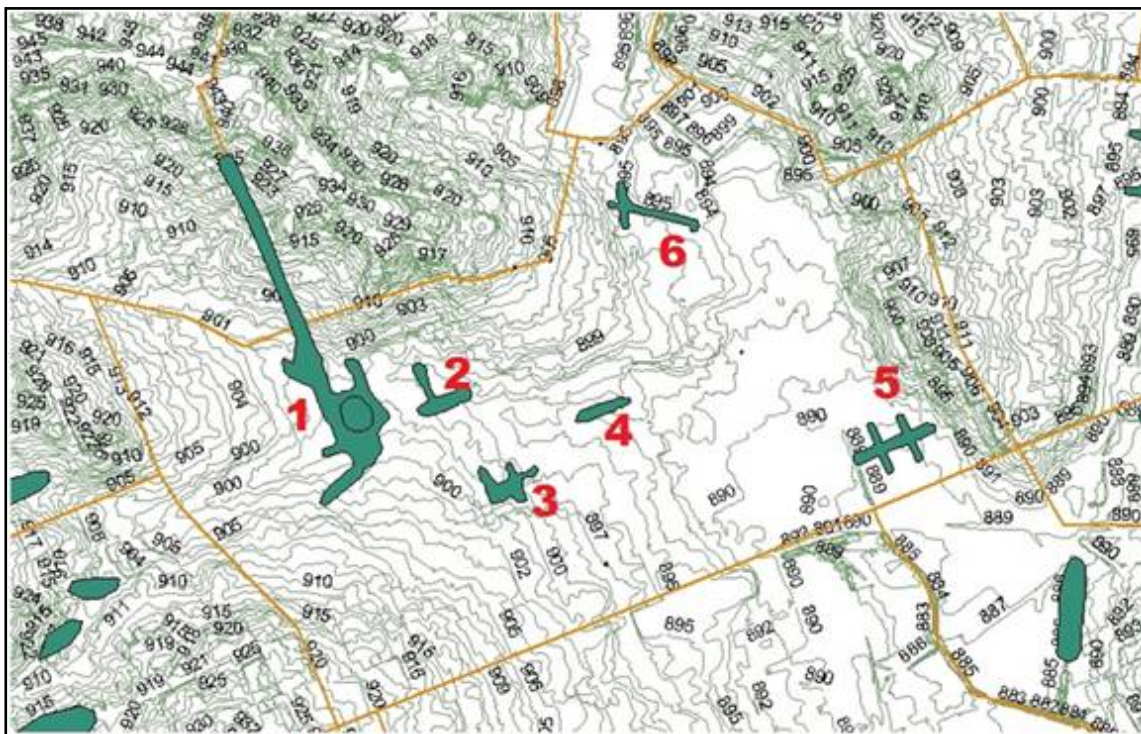


Figura 2 - Áreas de Alagamento Centro de Curitiba. Fonte: IPPUC

Sendo assim, calculou-se a vazão ponderada, obtendo-se o valor de 27,90 m³/s. Com esta vazão pode-se calcular, para um tempo de um dia de duração da precipitação, o volume de água gerado, sendo este valor de 2.410.560 m³/s.

Como a região dispõe de 62.290,45 m² de estacionamento, sendo esta a área potencial para implantação de pavimento permeável, logo o volume potencial que pode ser absorvido é em torno de 1.308 m³/dia podendo admitindo-se a máxima infiltração no solo. Considerando uma chuva de 60 mm e tempo de recorrência de 3,5 anos, tem-se uma vazão máxima de 2.410.560 m³/dia. Portanto, a melhoria no coeficiente de deflúvio proporcionada pela implantação de pavimentos permeáveis no bairro Centro é de 0,05%.

Discussões dos Resultados

Com uma melhoria de apenas 0,05% no coeficiente de deflúvio, com a utilização dos pavimentos permeáveis, conclui-se inviável o uso de pavimentos permeáveis para minimização de inundações no bairro Centro de Curitiba. Atribui-se a inviabilidade às características de permeabilidade do solo local. Com isso, constata-se que o pavimento permeável não possui um bom desempenho quando aplicado em solos com baixa permeabilidade, sendo a principal desvantagem em sua utilização.

Sendo assim, mostra-se imprescindível a análise do solo da região em estudos de viabilidade e projetos de pavimentos permeáveis, visando assim a assertividade da técnica utilizada. De outra forma, pode-se mostrar uma técnica sem eficiência.

Todavia, não se pode dizer que o pavimento permeável é ineficaz, visto que o sucesso de sua implantação está diretamente ligado ao solo da região em questão. Recomenda-se replicar tal avaliação de viabilidade em regiões cujo solo apresente boa capacidade de infiltração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se que o uso de pavimentos permeáveis como forma de atenuação de inundações está condicionado às condições do substrato onde este pavimento será implantado. Embora este tipo pavimento apresente alta porosidade e permeabilidade, quando dispostos sobre solos de baixa permeabilidade, tais como os do bairro Centro de Curitiba, estes têm seu desempenho prejudicado.

De qualquer forma, recomendam-se estudos complementares na porção de montante da bacia do rio Belém, cujo solo apresenta maior permeabilidade e, em função do relevo, a adoção de pavimentos permeáveis nestas áreas poderia impedir na fonte a brusca elevação dos picos de inundação no bairro Centro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACIOLI, Laura Albuquerque. Estudo experimental de Pavimentos Permeáveis para o controle do escoamento Superficial na Fonte. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2005.
2. CANHOLI, Aluísio Pardo. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. São Paulo: Oficinas de Textos, p. 22-52, 2005.
3. DUARTE, Joaquim M. G.. A Resistência Residual dos Solos da Formação Guabirotuba e Sua Importância Na Estabilidade de Taludes. Mesa Redonda, ABMS PR-SC, Curitiba 1999.
4. FENDRICH, Roberto. Coleta, Armazenamento, Utilização e Infiltração das águas pluviais na drenagem urbana. Dissertação (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental, Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
5. KORMANN, Alessander C. Morales. Comportamento Geomecânico da Formação Guabirotuba: Estudo de Campo e Laboratório. Tese (Doutorado) – Engenharia de Solos, Universidade de São Paulo - SP, 2002.
6. NASCIMENTO, Vinícius Hyczy, Ernani Francisco da Rosa Filho, Eduardo Chemas Hindi e Luiz Eduardo Mantovani. Sistema para infiltração das águas pluviais no solo e subsolo da bacia de Curitiba em vias urbanizadas. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geologia Ambiental da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
7. TUCCI, Carlos E. M.. PORTO, Rubem La Laina. BARROS, Mário T.. Drenagem Urbana. Editora da Universidade UFRGS. Porto Alegre – RS, 1995.