

## **Análise dos índices de impermeabilização do solo utilizando geoprocessamento: proposta de atualização do decreto nº. 402/1980 para projetos de drenagem no município de Londrina-PR**

Marcelo Gonçalves<sup>1</sup>  
Maurício Polidoro<sup>2</sup>  
Daniel Fermino da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Geógrafo, Mestre em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento  
Universidade Estadual de Londrina – UEL  
Rua Pica Pau, 1795 – 86701-040 – Arapongas - PR  
marcelogeo@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Pós Graduando em Análise e Educação Ambiental em Ciências da Terra  
Universidade Estadual de Londrina – UEL  
mauricio\_polidoro@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento  
Universidade Estadual de Londrina – UEL  
ferminoengenharia@sercomtel.com.br

**Abstract.** The superficial draining direct behavior suffers substantial alterations in result from the basin urbanization process, mainly as the waterproofing surface consequence, what it produces outflows peaks. With this, the Brazilian cities urban growth has provoked impacts in the population and the environment, appearing an increase in the frequency and the level of flooding, harming the quality of the water, and increasing the presence of solid materials in the pluvial draining. This occurs for the planning lack, control of the ground use, occupation of risk areas and inefficient draining systems. The correct sizing of these devices allows the efficient functioning of the draining system, therefore, constants must be carried through updates in the data and indices that serve of basement technician for the calculation of these devices. It is suggested, in this study, the update of these data and indices of the municipal decree nº. 402/1980 of the Londrina city, through the analysis of the data used in the decree, using for this techniques of geoprocessing, remote sensing.

**Palavras-chave:** remote sensing, superficial draining, geoprocessing, sensoriamento remoto, escoamento superficial, geoprocessamento.

### **1. Introdução**

O crescimento urbano das cidades brasileiras tem provocado impactos na população e no meio ambiente, surgindo um aumento na frequência e no nível das inundações, prejudicando a qualidade da água, e aumentando a presença de materiais sólidos no escoamento pluvial. Isto ocorre pela falta de planejamento, controle do uso do solo, ocupação de áreas de risco e sistemas de drenagem ineficientes.

Com relação à drenagem urbana, pode-se dizer que existem duas condutas que tendem a agravar ainda mais a situação (PMPA, 2005):

Os projetos de drenagem urbana têm como filosofia escoar a água precipitada o mais rapidamente possível para jusante. Este critério aumenta em várias ordens de magnitude a vazão máxima, a frequência e o nível de inundação de jusante;

As áreas ribeirinhas, que o rio utiliza durante os períodos chuvosos como zona de passagem da onda de cheia, têm sido ocupadas pela população com construções e aterros, reduzindo a capacidade de escoamento. A ocupação destas áreas de risco resulta em prejuízos evidentes quando o rio inunda seu leito maior.

O sistema tradicional de drenagem urbana deve ser considerado como composto por dois sistemas distintos que devem ser planejados e projetados sob critérios diferenciados: o Sistema Inicial de Drenagem, ou Micro-drenagem, composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas-de-lobo, rede de galerias de águas pluviais e, também, canais de pequenas dimensões, dimensionado para o escoamento de vazões de 2 a 10 anos de período de retorno; e o Sistema de Macro-drenagem, constituídos, em geral, por canais (abertos ou de contorno fechado) de maiores dimensões, projetados para vazões de 25 a 100 anos de período de retorno. (PMSP, 1999).

O correto dimensionamento destes dispositivos permite o funcionamento eficiente do sistema de drenagem, portanto, deve-se realizar constantes atualizações nos dados e índices que servem de embasamento técnico para o cálculo destes dispositivos.

Sugere-se, neste estudo, a atualização destes dados e índices do decreto municipal nº. 402/1980 do município de Londrina, através da análise dos dados utilizados no decreto, das deficiências encontradas no sistema de drenagem urbana e utilizando para isso técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto.

## **2. Referencial Teórico**

O ciclo hidrológico é diretamente afetado pela impermeabilização da superfície terrestre. Esta impermeabilização é decorrente principalmente do crescimento das cidades (áreas urbanas).

Como se trata de um ciclo, somente a nível teórico, adota-se como início os eventos de precipitação. A água pluvial ao chegar à superfície terrestre, encontrando esta com suas características de uso e ocupação alteradas em relação às condições naturais, terá maior dificuldade de infiltrar no solo, gerando um maior escoamento superficial.

De acordo com Tucci & Bertoni (2003) a urbanização causa as seguintes alterações no ciclo hidrológico:

- Redução do volume de infiltração;
- Aumento do escoamento superficial;
- Redução na alimentação das águas subterrâneas;
- Redução da evapotranspiração

O comportamento do escoamento superficial direto sofre alterações substanciais em decorrência do processo de urbanização de uma bacia, principalmente como consequência da impermeabilização da superfície, o que produz maiores picos de vazões (Neto, 2009).

Alem do aumento de volume do escoamento superficial, o tempo de transporte das águas pluviais, ou também denominado tempo de concentração de uma bacia, diminui, tendo em vista o fato de que a água se desloca com maior velocidade sobre superfícies relativamente lisas (sarjetas, vias pavimentadas, condutos e canais), se comparado com o terreno em sua ocupação natural. Assim, tomando-se uma seção do corpo hídrico como referencia, tem-se um maior escoamento superficial em volume, ocorrendo em um espaço menor de tempo. Isto pode dar origem a alagamentos, surgimento e/ou aumento de erosões lineares, entre outros danos ambientais.

Tendo em vista os fatores apresentados anteriormente, devem-se compreender muito bem os mecanismos de separação de escoamento superficial de águas pluviais, para que assim se possam prever os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico, bem como prever-se medidas mitigadoras. Alem disso, também é primordial tal entendimento, uma vez que os projetos de drenagem de águas pluviais, sempre presentes em ocupações de novas áreas, são baseados na separação de escoamento de águas.

### 3. Materiais utilizados e procedimentos metodológicos

Para o desenvolvimento das atividades propostas neste trabalho foi utilizado uma imagem QuickBird (Resolução espacial de 0,60m) do município de Londrina com data de passagem em 22/07/2006. A partir desta imagem, foi realizada a classificação de duas áreas escolhidas para comparar os índices de impermeabilização destas áreas com as constantes no decreto nº. 402/1980.

Os demais índices foram estudados com base em fontes secundárias, no cadastro de deficiências da SMOP (Secretaria Municipal de Obras e Pavimentação de Londrina) e nas experiências observadas em campo.

### 4. Resultados e discussões

#### 4.1. Coeficientes de Escoamento Superficial – Dados Bibliográficos para Tempo de Retorno 25 anos

Parte integrante dos métodos de transformação de chuva em vazão são os métodos de separação do escoamento. As águas pluviais, ao atingirem a superfície terrestre, têm dois caminhos principais a seguir, sendo eles, infiltrar no solo ou escoar superficialmente. Para determinação da parcela das alturas precipitadas que escoam superficialmente foram desenvolvidos diversos métodos de estimativa. Os mais conhecidos são:

- Coeficiente de run off;
- Índice  $\phi$ ;
- SCS (Soil Conservation Service);
- Horton;
- Green & Ampt;
- IPH II.

Para micro-drenagem urbana o método mais utilizado é o do Coeficiente de run off. Este método consiste na utilização de valores tabelados de relação entre escoamento superficial e altura precipitada. Por exemplo, um coeficiente de run off de 0,90 significa que 90% da altura precipitada é escoada superficialmente, e somente 10% é computado como infiltração ou perdas iniciais. É um método bastante simples e que não levam em conta perdas por evapotranspiração, acumulação em depressões da superfície, etc.

Este método de separação do escoamento é utilizado juntamente com um método de transformação de chuva em vazão denominado de Método Racional. A literatura técnica especializada preconiza que este método seja utilizado para áreas com até 100 ha, o que engloba a micro-drenagem. Para áreas maiores o método apresenta resultados irrealistas, superestimando a vazão de pico do hidrograma.

Wilken (1978) apresentou uma tabela com proposição de valores de coeficiente de run off (C), conforme **Tabela 1**.

<b>Zonas</b>	<b>C</b>
Edificação muito densa: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
Edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menos densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
Edificações com poucas superfícies livres: partes residenciais com construções cerradas e ruas pavimentadas	0,50 - 0,60
Edificações com muitas superfícies livres: partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 - 0,50
Subúrbios com alguma edificação: parte de arrebaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
Matas, parques e campos de esporte: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação	0,05 - 0,20

**Tabela 1 - Sugestão de valores de coeficiente de run off**

Fonte: Wilken (1978).

Assim como o coeficiente de run off, os demais métodos de separação do escoamento têm suas potencialidades e limitações. O índice  $\emptyset$ , por exemplo, admite uma infiltração constante. Isto somente acontecerá para chuvas de pequena duração sobre solos com alta condutividade hidráulica (arenoso). O método do SCS considera o tipo de solo, o tipo de ocupação, e as condições de umidade antecedentes do solo anteriores ao evento de precipitação. O método de Horton considera a diminuição da capacidade de retenção de água do solo no tempo, durante o evento de chuva. O de Green & Ampt tem uma base teórica semelhante. Estes dois últimos utilizam dados de ensaios de campo (ou estimados) de condutividade hidráulica. O método do IPH II foi desenvolvido no Brasil, sendo um método bastante completo, e conseqüentemente às vezes difícil de aplicar, tendo em vista a grande quantidade de parâmetros que ele exige.

#### **4.2. Caracterização do uso e ocupação do solo na área urbana do município de Londrina**

Para caracterização do uso e ocupação do solo na área urbana do município de Londrina, realizou-se uma classificação supervisionada de imagem orbital. A imagem utilizada foi uma composição de bandas do satélite QuickBird, com resolução espacial de 60 cm.

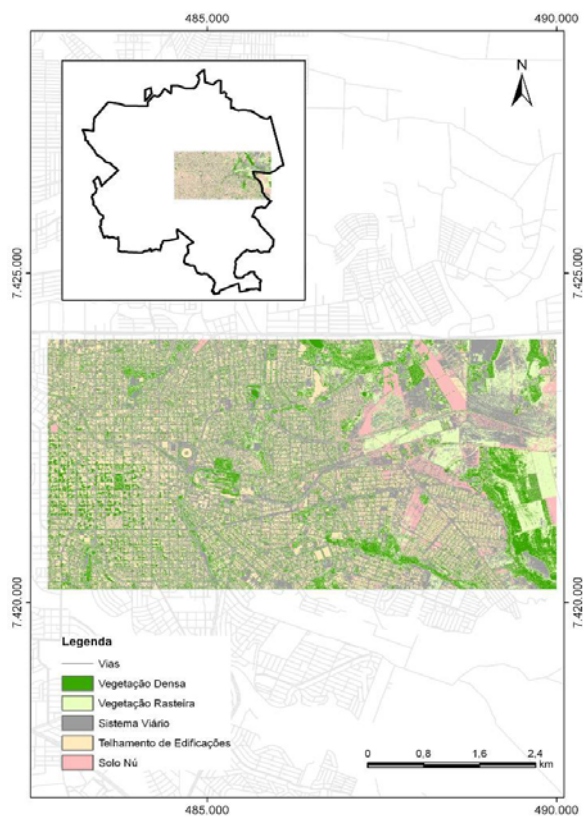
Para a classificação foi utilizado o software SPRING/INPE, versão 4.3.2.

Por conta do tempo de processamento necessário à classificação supervisionada para uma imagem com resolução espacial como a utilizada, optou-se por selecionar um loteamento densamente ocupado. Escolheu-se um loteamento com alto grau de ocupação tendo em vista que, hidrologicamente, esta é a pior situação possível.

Através do software Impima (SPRING) foram selecionados dois recortes em áreas distintas da cidade. O primeiro recorte foi selecionado na zona leste do município (**Figura 1**). O segundo foi selecionado na zona sul do município (**Figura 2**).

Foram então escolhidas cinco classes para a classificação supervisionada, sendo elas:

- Sistema Viário (CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente);
- Vegetação Densa;
- Vegetação Rasteira;
- Telhamento de Edificações;
- Solo nu.



**Figura 1 - Mapeamento do tipo de ocupação do solo urbano na zona leste**  
 Fonte: Imagem QuickBird (2006).



**Figura 2 – Mapeamento do tipo de ocupação do solo urbano na zona sul.**  
 Fonte: Imagem QuickBird (2006).

A seguir, foram medidas as classes criadas para a classificação supervisionada através de algoritmo próprio. Os resultados para o recorte 1 e para o recorte 2 estão nas **Tabelas 1 e 2** respectivamente.

**Tabela 1 – Porcentagem do tipo de ocupação do solo urbano na zona leste.**

<b>Classe de Cobertura</b>	<b>%</b>	<b>Cor</b>
Sistema viário (CBUQ)	7,54	Cinza
Vegetação Densa	16,77	Verde Escuro
Vegetação Rasteira	8,38	Verde Claro
Telhamento de edificações	57,51	Amarelo
Solo nu	9,80	Vermelho Claro

Fonte: Imagem QuickBird (2006).

**Tabela 2 – Porcentagem do tipo de ocupação do solo urbano na zona sul.**

<b>Classe de Cobertura</b>	<b>%</b>	<b>Cor</b>
Sistema viário (CBUQ)	38,87	Cinza
Vegetação Densa	7,63	Verde Escuro
Vegetação Rasteira	23,45	Verde Claro
Telhamento de edificações	19,77	Amarelo
Solo nú	10,27	Vermelho Claro

Fonte: Imagem QuickBird (2006).

### **4.3. Índices de Impermeabilização**

Para o recorte 1 o índice de impermeabilização obtido foi 65,05% e para o recorte 2 58,64%. O coeficiente de run off para o recorte 1, mesmo considerando o fundo de vale e praças é de 0,65, o que está de acordo com o decreto nº402/1980 que rege os projetos de drenagem no município de Londrina. Já para o recorte 2, o coeficiente de run off é de aproximadamente 0,60. Este coeficiente terá um valor bem mais elevado se for considerado, por exemplo, somente a área central, podendo chegar a 0,95. Estes valores estão de acordo com os sugeridos por Wilken (1978).

Através da classificação realizada, detectou-se para o índice de vegetação (somando-se rasteira e densa), uma porcentagem de aproximadamente 28,15% da área total mapeada e classificada nos recortes 1 e 2, sendo este valor uma média aritmética dos valores obtidos nos dois recortes.

### **4.4. Estimativa de Coeficientes de Escoamento Superficial para Micro-drenagem**

Através da classificação das imagens de sensoriamento remoto orbital, estimou-se a taxa de ocupação de algumas áreas na zona urbana do município de Londrina. Posteriormente, os resultados obtidos foram comparados com os valores máximos de ocupação permitidos pelo zoneamento onde a área em estudo se encontrava, tendo-se assim uma estimativa mais real dos valores a serem adotados como coeficiente de run off para projetos de micro-drenagem no município de Londrina.

Procedeu-se a escolha de alguns recortes dentro de cada zoneamento existente na legislação municipal de Londrina.

Os resultados obtidos permitem afirmar que os valores propostos no decreto n. 402/1980 são satisfatórios com exceção do valor de 0,80, proposto para áreas centrais (densamente ocupadas). Os valores obtidos com sensoriamento remoto permitem afirmar que 0,90 a 0,95 é

uma faixa de valor mais realista. O valor apresentado por Wilken (1978) para a cidade de São Paulo para tais áreas varia entre 0,75 a 0,95.

## 5. Conclusão

Sabe-se, pelos problemas encontrados no cadastro de deficiências da SMOP, que o sistema de drenagem urbana de Londrina, em especial os dispositivos de micro-drenagem, tem como principal problema o subdimensionamento das galerias de águas pluviais. Estes problemas são os mais complexos e onerosos a serem resolvidos, uma vez que envolvem a realização de novos projetos, para redimensionar a rede, além do alto custo de execução das obras, tanto sob o ponto de vista do custo direto, com a remoção da pavimentação, substituição de componentes, recolocação de pavimentos, etc. como também os custos indiretos com a interdição das referidas áreas.

Para evitar no futuro este tipo de obra de correção, os projetos devem ser bem feitos, com padrão correspondente à realidade local, tanto do ponto de vista climático, de solos, e de materiais e processos construtivos, além disso, o dimensionamento deve levar em conta outros fatores como destacadas neste artigo.

Assim, espera-se com este artigo, e com uma possível atualização do decreto nº. 402/1980 que os problemas de erros em projetos sejam mitigados através da atualização das bases de dados e índices utilizados nos mesmos.

Porém, além da correção dos erros de projeto, a SMOP deve fiscalizar a execução destas referidas obras, para que sejam seguidas as etapas e métodos construtivos conforme consta nos projetos.

## Referências

- Neto, Antonio Cardoso. Sistemas Urbanos de Drenagem. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao\\_a\\_drenagem\\_urbana.pdf](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf)>. Acesso em: 12 setembro. 2009.
- PMPA, Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**: Manual de drenagem urbana. Porto Alegre: IPH/UFRS, 2005. 159 p.
- PMSP, Prefeitura Municipal de São Paulo. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. São Paulo: FCTH, 1999. 289 p.
- Tucci, C. E. M; Bertoni, J. C. Inundações Urbanas na America do Sul. Porto Alegre: ABRH, 2003.
- Wilken, P.S. **Engenharia de Drenagem Superficial**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), São Paulo. 1978, 478 p.