

## **IX-006 - VARIAÇÃO TEMPORAL DO USO DO SOLO E IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUB-BACIA E SUA INFULÊNCIA NA DRENAGEM URBANA DE CRICIÚMA**

**Lara Thomaz da Silva<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

**Álvaro José Back<sup>(2)</sup>**

Eng. Agrônomo pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), MSc Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa(UFV), Dr. Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), professor da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Felipe Schmidt, nº 333 - Torre Sophia, apto. 401 - Bairro Centro - Criciúma - SC - CEP: 88801-240 - Brasil - Tel: +55 (48) 9630-2128 - e-mail: [larathomaz@hotmail.com.br](mailto:larathomaz@hotmail.com.br)

### **RESUMO**

O rápido crescimento das cidades fez agravar significativamente os problemas de inundações urbanas na medida em que o desenvolvimento urbano tende a remover a cobertura vegetal original, aumentar a impermeabilização, introduzir obras de canalização e ocupar planícies ribeirinhas. A parametrização da urbanização pode ser obtida pela determinação da área impermeável e pelos parâmetros de transporte do escoamento. A área impermeável é o parâmetro mais importante, pois define a repartição entre o volume superficial e subterrâneo. Este trabalho tem por objetivo avaliar a evolução temporal da ocupação do solo e do grau de impermeabilização de uma das sub-bacias do Rio Criciúma e sua contribuição para as cheias urbanas da cidade. Através de fotos aéreas georreferenciadas dos anos de 2001, 2006, 2010 e 2013, foram determinadas as áreas permeáveis e impermeáveis da sub-bacia 16 do Rio Criciúma, por meio da fotointerpretação. O coeficiente de escoamento superficial foi calculado por meio de equivalências com valores de tabelas de livros de drenagem urbana e por estimativa em função da área impermeável. Este método, embora tenha apresentado menores valores de vazão, comparados aos valores obtidos por tabelas, foi considerado mais adequado para este estudo, pois se baseia em função das áreas impermeáveis e relacionado com parâmetros de urbanização. Entre os anos 2001 a 2013 houve um incremento de 43,15% na área impermeável na bacia analisada, resultando em um aumento de 34,54% na vazão máxima estimada. Estimou-se o estado limite de ocupação da sub-bacia, conforme os parâmetros urbanísticos da cidade, resultando no aumento da área impermeável em 101,51% em relação ao ano de 2013 quando 60,64% da área da sub-bacia ficará impermeabilizada. Esta condição implicará em um aumento de 79,74% da vazão de pico estimada para o ano de 2013. É necessário que adoção de medidas não estruturais seja incorporada no plano de drenagem do município visando diminuir os efeitos da impermeabilização das áreas da bacia e reduzir a vazão de pico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Urbanização, Fotointerpretação, Coeficiente de Escoamento superficial.

### **INTRODUÇÃO**

O Brasil se caracteriza por passar pelo processo de desenvolvimento urbano há aproximadamente 55 anos. Em 1960 cerca de 70% da população vivia no meio rural, e em 2010, a situação inverteu-se, com 84,4% morando em áreas urbanas. Em Criciúma, Santa Catarina, o cenário não foi diferente, 98,61% dos habitantes reside em áreas urbanas, e 1,39% corresponde à população rural (Censo 2010, IBGE).

Segundo Miguez, Verol e Rezende (2015), a urbanização constitui uma das ações antrópicas que geram maiores impactos ambientais, exatamente pelas consequências resultantes das mudanças nas características originais de uso do solo. O rápido crescimento das cidades fez agravar significativamente os problemas de inundações urbanas, na medida em que o desenvolvimento urbano tende a remover a cobertura vegetal original, a aumentar a impermeabilização, a introduzir obras de canalização e a ocupar planícies ribeirinhas. As cheias urbanas estão diretamente associadas às falhas das redes de micro e macrodrenagem, seja por erro de concepção, por falha na previsão do horizonte de projeto, por falta de manutenção, por envelhecimento de

partes do sistema ou obsolescência devido ao acelerado (e não controlado) crescimento urbano, fazendo com que a rede não consiga mais comportar as necessidades de escoamento.

A infraestrutura das cidades, assim como a implantação do sistema de drenagem urbana, deveria ser planejada e executada de maneira a atender a demanda do crescimento urbano, proporcionando segurança e bem estar aos cidadãos.

Entretanto, a falta de planejamento e as irregularidades na ocupação dificultam essa ação, provocando impactos significativos na sociedade e no meio ambiente, deteriorando a qualidade de vida devido ao aumento da frequência e do nível das inundações.

Segundo Araújo, Tucci e Goldenfum (2000) as ações públicas para as soluções desses problemas no Brasil estão voltadas, na maioria das vezes, somente para as medidas estruturais. As soluções geralmente encontradas por parte do poder público têm sido as redes de drenagem, que simplesmente transferem a inundação de um ponto para outro a jusante na bacia, atuando sobre o efeito e não sobre as causas do aumento da vazão, que são, dentre outras, o aumento das superfícies impermeáveis e as mudanças de geometria de cursos d'água naturais. Já nos países desenvolvidos, observa-se que grande parte dos problemas foram resolvidos quanto ao abastecimento de água, tratamento de esgoto e controle quantitativo da drenagem urbana. Neste último caso, foi priorizado o controle através de medidas não estruturais, que obrigam a população a controlar na fonte os impactos devido a urbanização. (TUCCI E BERTONI, 2003).

A parametrização da urbanização é realizada pela área impermeável e pelos parâmetros de transporte do escoamento. A área impermeável é o parâmetro mais importante, pois define a repartição entre o volume superficial e subterrâneo. Quanto maior o escoamento superficial, maiores são as vazões de cheia da bacia (TUCCI E MENEZES FILHO, 2012), e através da quantificação das vazões máximas, é possível definir medidas de minimização dos efeitos das cheias urbanas.

Em Criciúma, são constantes as inundações em vários pontos da cidade, acarretando prejuízos significativos ao poder público e à comunidade local. Conforme Ferreira et al (2004), os problemas de alagamentos na referida cidade são consequências, principalmente de fatores antrópicos, como ocupação urbana desordenada, edificações e ruas construídas a margem de rios, subdimensionamento e obstrução do sistema de micro e macrodrenagem, entre outras.

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo avaliar a evolução temporal da ocupação do solo e do grau de impermeabilização de uma das sub-bacias do Rio Criciúma e sua contribuição para as cheias urbanas de Criciúma.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

A Bacia do Rio Criciúma, localizada na cidade de Criciúma, Santa Catarina, possui cota de 24,00 m na foz com o Rio Sangão e cotas superiores a 200,00 m junto as encostas do Morro Cechinel, dados indicados pelo levantamento topográfico (FERREIRA et al 2004). É composta por 17 sub-bacias, compreendendo uma área de drenagem de aproximadamente 18,7 km<sup>2</sup>, perímetro de 21,28 km e coeficiente de compacidade (Kc) de 1,378.

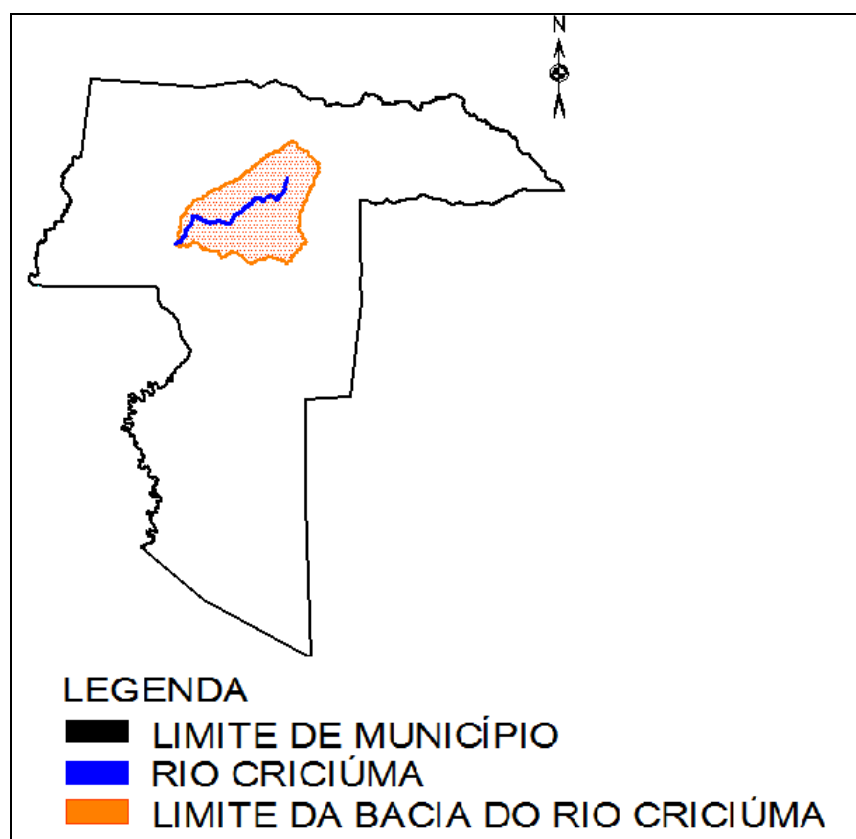


Figura 1: Localização da Bacia do Rio Criciúma.

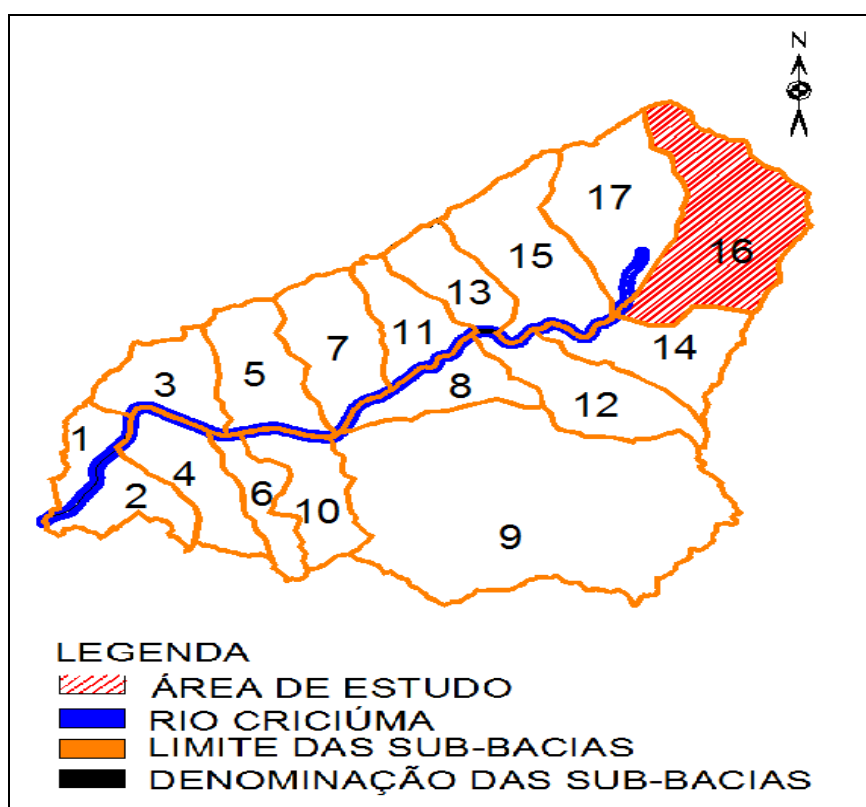


Figura 2: Sub-bacias do Rio Criciúma.

O estudo do presente artigo abrange a sub-bacia 16 da Bacia do Rio Criciúma, localizada na região central da cidade. A referida sub-bacia possui área de 1,88 km<sup>2</sup> e perímetro de 6,90 km.

### Classificação das imagens

Através de fotos aéreas georreferenciadas dos anos de 2001, 2006, 2010 e 2013, disponibilizadas pelo Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – IPAT da Universidade do Extremo Sul Catarinense, foram determinadas as áreas permeáveis e impermeáveis da sub-bacia 16 do Rio Criciúma, por meio da fotointerpretação, onde digitalizou-se as imagens através do programa AutoCad, conforme abaixo:

1. Classe permeável: vegetação arbórea, gramado e solo exposto.
2. Classe impermeável: estrada e cobertura pavimentada, calçada e telhado.

As imagens de cada ano possuem resoluções diferenciadas, sendo para 2001 o tamanho do pixel de 20 cm, 2006 de 90 cm, 2010 de 40 cm e 2013 de 50 cm.

### Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial (C) foi calculado através de dois métodos, o primeiro por tabela estabelecida com base em estimativa geralmente teórica, representada na Tabela 1, e o segundo através da fórmula de Tucci (2000), onde o autor apresentou a relação do coeficiente de escoamento de bacias urbanas brasileiras, em função da área impermeável e a vazão máxima correspondente. Foram analisadas 12 bacias, sendo uma em São Paulo, uma em São Carlos, sete em Porto Alegre, duas em Joinville e uma em Curitiba, obtendo a seguinte equação:

$$C = 0,047 + 0,9AI \quad \text{equação (1)}$$

Onde: C = coeficiente de escoamento;

AI é a área impermeável obtida para valores entre 0 e 1, obtida por:

$$AI = \frac{Ai}{At} \quad \text{equação (2)}$$

Em que:

Ai é a parcela da bacia com área impermeável e At a área total da bacia.

Segundo Tucci (2000), esta síntese é possível em pequenas bacias quando se deseja estimar uma vazão limite de projeto e não existe o compromisso em retratar eventos específicos.

**Tabela 1: Coeficiente C**

CLASSE	CARACTERÍSTICAS	COEFICIENTE C
Permeável	Vegetação arbórea	0,35
	Gramado e solo exposto	0,40
Impermeável	Estrada pavimentada	0,85
	Cobertura pavimentada, calçada e telhado	0,80

### Intensidade da chuva

Para determinação da intensidade da chuva, foi considerada a equação de chuvas intensas da cidade Urussanga, SC, conforme Back (2013), devido ser a cidade mais próxima com dados suficientes para estudo, sendo:

$$i = \frac{5678,8t^{0,1769}}{(t_c + 32,5)^{1,1030}} \quad \text{equação (3)}$$

Válida para duração de até 120 minutos e período de retorno de 2 a 100 anos.

Onde:  $i$  é a intensidade da chuva (mm/h);

$T$  é o período de retorno (anos);

$t_c$  é o tempo de concentração da bacia (minutos).

O tempo de concentração da bacia foi determinado pela Equação de Kirpich, conforme abaixo:

$$t_c = 57 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad \text{equação (4)}$$

Onde:  $t_c$  é o tempo de concentração da bacia (minutos);

$L$  é o comprimento do talvegue principal (km);

$H$  é o desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (metros).

### Vazão máxima

A urbanização de uma área aumenta o escoamento superficial. O método usualmente utilizado para determinar a vazão máxima de projeto dos condutos pluviais de pequenas áreas é o Racional, que utiliza a equação (TUCCI, 2000):

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad \text{equação (5)}$$

Onde:  $Q$  é a vazão máxima (m<sup>3</sup>/s);

$A$  é a área de drenagem (ha)

$I$  é intensidade da chuva (mm/h);

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Coeficiente de compacidade (kc)

O coeficiente  $K_c$  é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia, sendo o valor mínimo teórico para o coeficiente igual à unidade ( $K_c = 1,0$ ) que corresponde a uma bacia com formato circular. Como na prática não existem bacias com formato de círculos exatos, o valor de  $K_c$  é sempre superior a 1 (BACK, 2014).

A tabela 2 mostra a relação entre o valor de  $K_c$  com a propensão a enchentes.

**Tabela 2: Interpretação dos valores de  $K_c$**

Valor de $k_c$	Interpretação
1,00 a 1,25	Bacia com alta propensão a grandes enchentes
1,25 a 1,50	Bacia com tendência mediana a grandes enchentes
>1,50	Bacia não sujeita a grandes enchentes

A sub-bacia 16 do Rio Criciúma possui valor de  $K_c$  de 1,41, caracterizada como tendência mediana a grandes enchentes, o que deve ser levado em consideração quando do planejamento e execução de projetos de drenagem.

### Classificação das imagens

Através da classificação visual das imagens aéreas, foi realizado o mapa de uso do solo dos anos de 2001, 2006, 2010 e 2013, conforme a figura 3 referente às áreas permeáveis e impermeáveis da sub-bacia.

Existem outras maneiras de fazer a classificação das imagens, dentre elas, a classificação supervisionada, que conforme Reis, Pereira Filho e Silveira (2011), o analista fornece amostras das categorias pertinentes ao enfoque do trabalho e a partir delas, são estimados os parâmetros que definem cada classe. Para este estudo, foi testada a classificação supervisionada por meio do software ArcGis, onde o programa associa através da média, da variância e covariância das assinaturas espectrais, a possibilidade de um pixel pertencer a uma determinada classe. Porém, devido à alta resolução das imagens adotadas, essa metodologia ficou inviável para o trabalho, pois quanto melhor a resolução da imagem menos preciso é o resultado da análise.

### Quantificação das áreas permeáveis e impermeáveis

A tabela 3 mostra o resultado das áreas permeáveis e impermeáveis encontradas em cada ano em estudo. Percebe-se um grande aumento de área impermeável do ano de 2001 para 2006, voltada à construção de coberturas pavimentadas, calçadas e telhados e a redução de área permeável relacionado a gramados e solos expostos. A região com predominância de vegetação arbórea não teve alteração significativa com o passar dos anos.

Na figura 4, letra D, detalha as regiões com maiores aumentos de área impermeável com o passar dos anos.

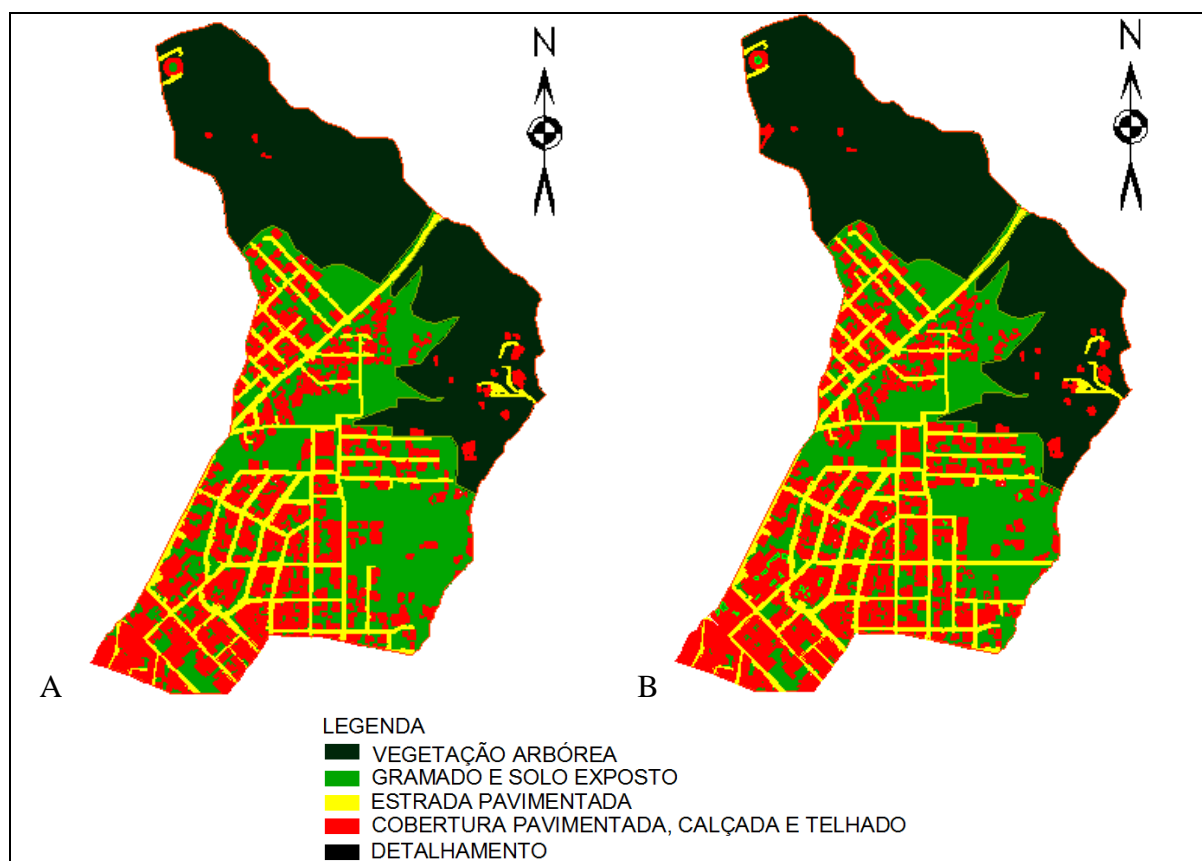


Figura 3: Classificação imagem (A-2001; B-2006)

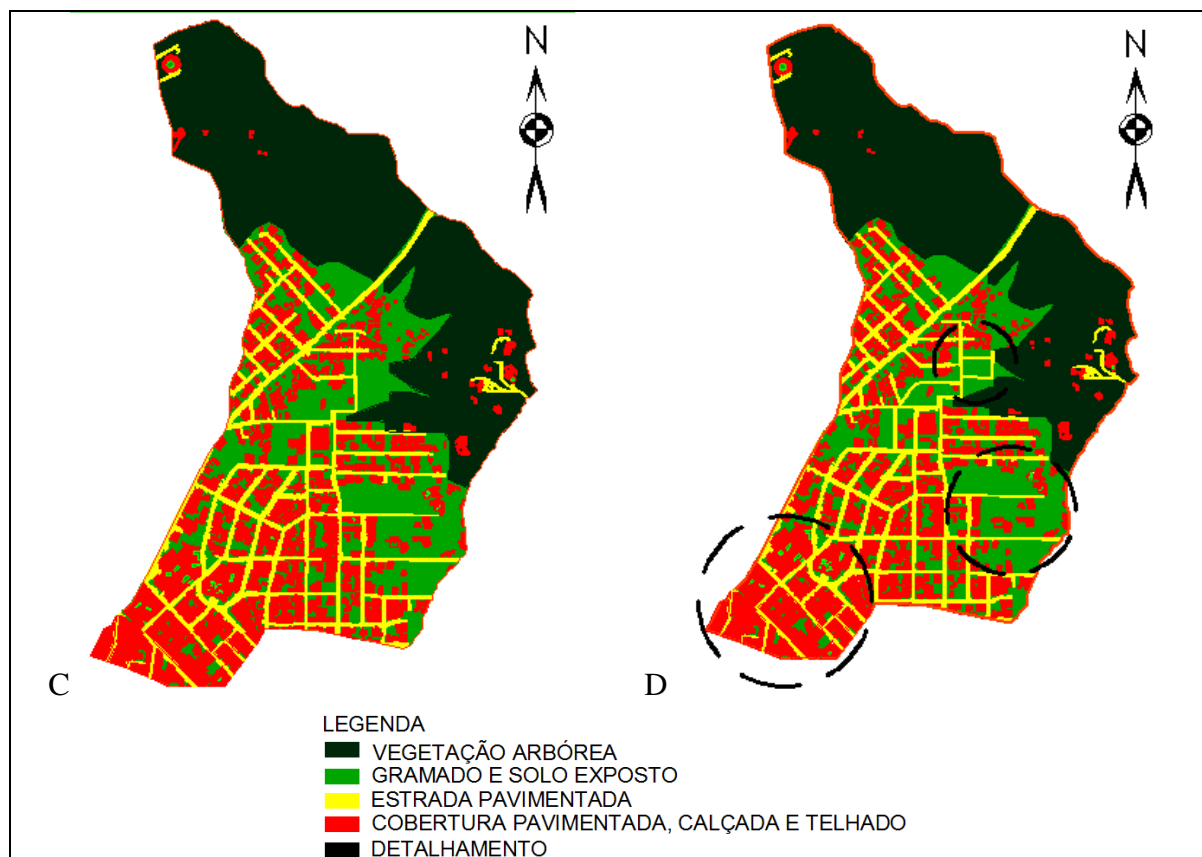


Figura 4: Classificação imagem (C-2011;D-2013).

Tabela 3: Resultado das áreas permeáveis e impermeáveis

Ano	Área impermeável (km <sup>2</sup> )		Área permeável (km <sup>2</sup> )			
	Cobertura pavimentada, calçada e telhado	Estrada pavimentada	Total	Vegetação arbórea	Gramado e solo exposto	TOTAL
2001	0,252	0,142	0,394	0,730	0,756	1,486
2006	0,367	0,152	0,519	0,730	0,631	1,361
2010	0,390	0,164	0,554	0,730	0,596	1,326
2013	0,394	0,170	0,564	0,730	0,586	1,316

A área impermeável resulta em um crescimento de 31,73 % no período entre 2001 e 2006 e de 43,15% no total de 12 anos. Houve pequena variação entre o ano de 2006 para 2013, apenas 8,55 %.

### Coeficiente de escoamento superficial

Na tabela 4 constam os coeficientes de escoamento superficial de cada ano para as duas metodologias. No Método de Tucci (2000), foram obtidos os valores de AI conforme equação 2 e os coeficientes de escoamento conforme equação 1.

Comparando as duas metodologias, percebe-se a divergência entre os resultados obtidos, isso pode ser explicado devido ao fato das tabelas teóricas não serem muito precisas, enquanto que a fórmula de Tucci (2000) considera apenas a área impermeável como variável independente, e este tipo de relação analisou a vazão específica de bacias urbanas em função das áreas impermeáveis e estabeleceu relações com parâmetros de urbanização.



**Tabela 4: Coeficiente de Escoamento Superficial**

Método Wilken (1978)		Método Tucci (2000)	
Ano	C médio	AI	C
2001	0,468	0,210	0,236
2006	0,495	0,276	0,295
2010	0,503	0,295	0,312
2013	0,505	0,300	0,317

### Vazão máxima

A tabela 5 mostra as vazões máximas calculadas a partir do coeficiente de escoamento superficial de Wilken (1978) e Tucci (2000) e com período de retorno de 10 e 50 anos. Neste cálculo o tempo de concentração foi estimado como 24,5 minutos e a intensidade da chuva foi de 98,67 mm/h e 131,17 mm/h, respectivamente para os períodos de retorno de 10 e 50 anos. É perceptível a diferença entre os resultados, para o método de Wilken (1978) obteve-se o aumento de 7,88% entre os anos de 2001 e 2013 e para o de Tucci (2000), de 34,54 %.

**Tabela 5: Vazão máxima estimada para os diferentes anos em estudo**

Método Wilken (1978)				Método Tucci (2000)		
		T = 10 anos	T = 50 anos		T = 10 anos	T = 50 anos
Ano	C	Q (m³/s)	Q (m³/s)	C	Q (m³/s)	Q (m³/s)
2001	0,468	24,125	32,071	0,236	12,141	16,140
2006	0,495	25,509	33,911	0,295	15,224	20,239
2010	0,503	25,909	34,443	0,312	16,088	21,386
2013	0,505	26,027	34,600	0,317	16,334	21,714

De acordo com o Plano Diretor vigente da cidade de Criciúma, Lei Complementar 095/2012, a região em estudo encontra-se em Zona Residencial 1 – 2 pavimentos (ZR1-2), Zona Residencial 2 – 4 pavimentos (ZR2-4), Zona Residencial 3 – 8 pavimentos (ZR3-8), Zona Mista 2 – 4 pavimentos (ZM2-4), Zona Central 1 – 4 pavimentos (ZC1-4), Zona de Áreas de Proteção Ambiental (Z-APA) e Zona de Especial Interesse da Coletividade (ZEICO) e conforme os parâmetros urbanísticos definidos para essas zonas, para cada lote é necessário uma taxa de infiltração mínima de 25%, exceto à Z-APA que exige taxa de infiltração mínima de 90% e Zona de ZEICO que não possui parâmetros urbanísticos, porém, foi considerada uma taxa de infiltração mínima de 25%, sendo esta a situação mais desfavorável.

Desta forma, considerando a sub-bacia no estado limite de ocupação, ou seja, 75% da área das Zonas Residenciais, Mistas e Centrais e a Zona de ZEICO (C = 0,80), 10% da área em Z-APA (C = 0,80) e todas as ruas existentes pavimentadas (C = 0,85), resulta em uma vazão de 32,693 m³/s (T = 10 anos) e 43,461 m³/s (T = 50 anos) para o primeiro método, e 29,359 m³/s (T = 10 anos) e 39,029 m³/s (T = 50 anos) para o segundo, conforme demonstrado na tabela 6 e 7.

**Tabela 6: Área impermeável**

ZONA	T.I.	Área total (km²)	Área impermeável (km²)
ZAPA	90%	0,49	0,05
ZEICO	25%	0,06	0,05
ZR, ZM e ZC	25%	1,15	0,86
Estradas pavimentadas	0%	0,18	0,18
<b>Total</b>	-	<b>1,88</b>	<b>1,14</b>



**Tabela 7: Vazão máxima**

Método	C médio	T = 10 anos Q (m³/s)	T = 50 anos Q (m³/s)
<b>Wilken (1978)</b>	0,634	32,693	43,461
<b>Tucci (2000)</b>	0,570	29,359	39,029

Comparado ao ano de 2013, para o método de Wilken (1978) a vazão aumenta em 25,61%, e para o método de Tucci (2000) 79,74%. Os cálculos empregados para determinação do coeficiente de escoamento superficial mostram-se divergentes nos resultados, porém, percebe-se que a medida que a área impermeável aumenta, os coeficientes de escoamento e a vazão aproximam-se consideravelmente. Entretanto, apesar do método de Tucci (2000) apresentar valores menores de vazão, comparados ao de Wilken (1978), o modelo de Tucci (2000) é mais preciso para este estudo, pois se baseia em função das áreas impermeáveis e relacionado com parâmetros de urbanização.

No estado limite de ocupação da sub-bacia, baseado nos parâmetros urbanísticos da cidade, a área impermeável aumentará em 101,51 % entre o ano de 2013 e o futuro impacto da urbanização, ou seja, 60,64% da sub-bacia ficará impermeabilizada. A vazão, resultante do método de Tucci (2000), aumentará em 79,74 % relacionado a 2013.

Tendo em vista a construção de muitas obras de forma irregular nas proximidades ou até mesmo sobre o Rio Criciúma em toda sua bacia, é necessária uma fiscalização intensa do Município para preservar as áreas legais das novas edificações destinadas à absorção das águas pluviais, impedindo o processo de impermeabilização do solo urbano e incentivar o uso de equipamentos de retenção de águas pluviais nas edificações, conforme art. 22, inciso II, alínea “d” da Lei Municipal 095/2012.

As medidas estruturais são, normalmente, as opções executadas pelo governo. O Rio Criciúma foi canalizado parcialmente e grande parte da região central possui sistemas de drenagem urbana com o princípio às águas do curso d'água escoam mais rápido possível, por canais retilíneos, evitando-se inundações em um trecho, porém, passam a ser mais destruidoras em trechos à jusante, uma vez que a água chega com uma velocidade mais elevada. Além de tudo, prejudica a fauna e flora do rio e de suas margens.

Os resultados mostram a grande evolução da área impermeável com o consequente aumento de vazão máxima, sendo preocupantes para a segurança e bem-estar dos cidadãos. É visto a necessidade de adotar medidas compensatórias em drenagem urbana para um desenvolvimento sustentável das cidades, buscando sempre uma forma de mitigar e reduzir os impactos do processo de urbanização sobre o ciclo hidrológico, por meio de projetos urbanos como a utilização de medidas que favorecem a infiltração e/ou armazenamento das águas da chuva, como reservatórios de detenção e retenção, reservatórios de lote, pavimento permeável, vala e trincheira de infiltração e telhado verde (MIGUEZ; VEROL; REZENDE, 2015).

Araújo, Tucci e Goldenfum (2000) apresentaram os pavimentos permeáveis como uma alternativa bastante eficaz para o controle na fonte, uma vez que eles mostram ser dispositivos altamente recomendados para o controle dos volumes escoados, como por exemplo, os blocos vazados e o concreto poroso.

Já Cruz, Tucci e Silveira (1998), apontaram medidas de controle com o armazenamento em lotes urbanos, podendo ser efetuado através de telhados, pequenos reservatórios residenciais, estacionamentos, áreas esportivas, entre outros, onde os reservatórios podem também serem utilizados para armazenar água para irrigação de grama, lavagem de superfícies ou automóveis. Adotando-se medidas preventivas como o controle na fonte e a Fiscalização efetiva do Município, os efeitos negativos do processo de ocupação urbana serão reduzidos, cabe à população conscientizar-se quanto ao problema e executar as providências necessárias junto com empenho do poder público.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que:

- Entre os anos 2001 a 2013 houve um incremento de 43,15% na área impermeável na bacia analisada, resultando em um aumento de 34,54% na vazão máxima estimada.
- Considerando o estado limite de ocupação da sub-bacia, baseado nos parâmetros urbanísticos da cidade, a área impermeável aumentará em 101,51 % em relação ao ano de 2013 quando 60,64% da área da sub-bacia ficará impermeabilizada. Esta condição implicará em um aumento de 79,74% da vazão de pico estimada para o ano de 2013.
- É necessário que adoção de medidas não estruturais sejam incorporadas no plano de drenagem do município visando diminuir os efeitos da impermeabilização das áreas da bacia e reduzir a vazão de pico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAUJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDENFUM, Joel A.. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p.21-29, jul/set. 2000.
2. BACK, Álvaro José. Bacias hidrográficas: classificação e caracterização física. Florianópolis: Epagri, 2014. 162 p.
3. BACK, Álvaro José. Chuvas intensas e chuva para dimensionamento de estruturas de drenagem para o Estado de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2013. 193 p.
4. CRUZ, Marcus A. Soares; TUCCI, Carlos E. M.; SILVEIRA, Andre L. L. da. Controle do escoamento com retenção em lotes urbanos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p.19-31, dez. 1998.
5. FERREIRA, Paulo Henrique F. et al; Avaliação de metodologia de estimativa de área impermeável aplicada ao Município de Criciúma/SC. Criciúma, 2004.
6. FILHO, Mario Valério et al. Análise Temporal do crescimento urbano em bacias hidrográficas e seus reflexos na macrodrenagem com suporte das geotecnologias. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, p.901-907, abr. 2009.
7. IBGE. Censo Demográfico. Brasília: IBGE, 2010.
8. MIGUEZ, Marcelo Gomes; VEROL, Aline Pires; REZENDE, Osvaldo Moura. Drenagem Urbana. Do projeto tradicional à sustentabilidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 366 p.
9. OLIVEIRA, Anna Hoffmann; SILVA, Mayesse Aparecida da; SILVA, Marx Leandro Naves et al. Caracterização ambiental e predição dos teores de matéria orgânica do solo da Sub-Bacia do Salto, Extrema, MG. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.33, n.1, p.143, 2012.
10. PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIUMA. Plano Diretor Lei Complementar nº 095/2012, de 29 de dezembro de 2012. Plano Diretor Participativo do Município.
11. REIS, Janete Teresinha; PEREIRA FILHO, Waterloo; SILVEIRA, André Luiz Lopes da. Estimativa entre densidade habitacional e áreas impermeáveis na região urbana da sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena em Santa Maria, RS. 2011. 15 f. - PPG em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
12. TUCCI, Carlos E. M.. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p.61-68, mar. 2000.
13. TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos (Organizadores). Inundações urbanas na América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.
14. TUCCI, Carlos E. M.; MENEZES FILHO, Frederico Carlos M. de. Alteração na relação entre densidade habitacional x área impermeável: Porto Alegre-RS. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p.49-55, jun. 2012.
15. TUCCI, Carlos E.M. Água no meio urbano: Livro da água doce - cap 14, Instituto de pesquisa hidráulica. UFRGS – Porto Alegre- RS: 1997.
16. WILKEN, Paulo Sampaio. Engenharia de drenagem superficial. São Paulo: Cetesb, 1978. 477 p.