

MAPEAMENTO E ANÁLISE DE ÁREAS SUSCETÍVEIS À INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CANOAS/RS UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO

Jhonatan Pedro Rohenkohl¹; Luiz Alberto Vedana²

Resumo – A ocupação de forma irregular e desorganizada do solo através de atividades humanas gera um aumento substancial da impermeabilização do mesmo, trazendo consigo a alteração do ciclo hidrológico, a diminuição da infiltração de águas pluviais no solo e conseqüentemente o aumento da quantidade de escoamento superficial. Como as cidades muitas vezes não possuem planejamento e gestão territorial da ocupação do solo, esse aumento do escoamento em conjunto com a ocupação da planície de inundação dos rios fazem com que a ocorrência de enchentes, inundações, enxurradas e alagamentos sejam mais frequentes. O sensoriamento remoto, paralelamente à utilização de geotecnologias, vem se mostrando eficiente para a realização de análises semi-quantitativas do crescimento das manchas urbanas nas grandes cidades e avaliação de áreas de risco. O presente trabalho tem como objetivo identificar a ocupação das planícies de inundação dos dois principais cursos d'água do município de Canoas/RS, Rio dos Sinos e Rio Gravataí, ao mesmo tempo em que será realizada a caracterização fisiográfica das duas bacias hidrográficas que abrangem o mesmo e análise das prováveis causas dos problemas de enchentes e alagamentos ocorridos nos últimos anos. A partir do cálculo de forma das bacias foi possível verificar a baixa susceptibilidade à enchente e alagamentos sob a perspectiva de eventos naturais. Deste modo, conclui-se que a forte expansão urbana, causadora da impermeabilização da superfície contribui fundamentalmente para os problemas de infraestrutura e ocupação, gerando recorrentes enchentes e alagamentos no município de Canoas.

Abstract – The irregular and disorganized occupation of the soil by the human activities cause a wide surface sealing, affects the natural water cycle, reduces rainwater infiltration in the soil and increases the runoff. The most part of the big cities does not have planning and management of the land occupation and this problem, together with the increase of the runoff and the occupation of the floodplain, causes more flooding than was expected. The remote sensing and geotechnologies are efficient when used by semi-quantitative analyses of the urban expansion in the big cities and risk analyses of determined areas. The aim of this study is to analyse the floodplain occupation of the principal city's water courses and the watersheds physiographic characteristics covered by Canoas (city in the State of Rio Grande do Sul – Brazil) to identify the problems that are causing the flooding in some neighborhoods. In natural events, the watersheds' physiographic show a low susceptibility to floods. In conclusion, the urban sprawl and the occupation of the floodplain have directly impact in the urban infrastructure problems through the surface sealing, causing a recurring flooding.

Palavras-Chave – Expansão urbana; áreas de risco; planície de inundação; bacias hidrográficas; impermeabilização do solo.

¹ Estudante, Centro Universitário Ritter dos Reis, (51) 98107-1077, jhonrohen@gmail.com

² Professor Adjunto, Universidade Federal de Sergipe, (79) 3194-6307, lvedana@ufs.br

1. INTRODUÇÃO

O acelerado processo de expansão desordenada da zona urbana que ocorre nas grandes cidades brasileiras desde a década de 50, acompanhando o processo de industrialização da economia, acarreta diversos problemas socioeconômicos e ambientais. A ocupação de forma irregular e desorganizada do solo através de atividades humanas gera um aumento substancial da impermeabilização do mesmo, resultando na alteração do ciclo hidrológico, diminuição da infiltração de águas pluviais no solo e conseqüentemente na intensificação do volume de escoamento superficial.

Segundo Tucci e Bertoni (2003), quando a precipitação é intensa e o solo não tem capacidade de infiltrar, grande parte do volume escoado para o sistema de drenagem, superando sua capacidade natural de escoamento. O excesso do volume que não consegue ser drenado ocupa a várzea inundando as planícies, de acordo com a topografia das áreas próximas aos rios.

O aumento do escoamento superficial em uma área qualquer induz o aumento das solicitações de escoamento no sistema de micro e macrodrenagem, afetando diretamente a área caso o sistema não esteja preparado para atender tal solicitação. Como as cidades muitas vezes não possuem planejamento e gestão territorial da ocupação do solo, esse aumento em conjunto da ocupação da planície de inundação dos rios fazem com que aumente a ocorrência de enchentes, inundações, enxurradas e alagamentos, que são problemas frequentemente deflagradores de veiculação hídrica de doenças e prejuízos materiais e humanos.

O sensoriamento remoto, juntamente com a utilização de geotecnologias, vem se mostrando eficiente para a realização de análises semi-quantitativas de crescimento das manchas urbanas nas grandes cidades, além da identificação e avaliação de áreas de risco. A implementação desse tipo de técnica pode ser utilizada como auxílio no planejamento e na gestão territorial, servindo de base para tomadas de decisão, principalmente, em planejamento de infraestrutura dessas cidades, auxiliando na elaboração dos planos diretores.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a ocupação das planícies de inundação, levando em consideração a acelerada expansão urbana, dos dois principais cursos d'água do município em estudo, juntamente da caracterização fisiográfica das duas bacias hidrográficas que são abrangidas pelo mesmo e análise das prováveis causas dos problemas de enchentes e alagamentos acontecidos nos últimos anos.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

2.1. Local de estudo

Nesse trabalho foi utilizado como objeto de estudo o município de Canoas, pertencente à região metropolitana do Rio Grande do Sul, de latitude 29° 55' 12" S e longitude 51° 10' 48" O, com área aproximada de 131 km² e população estimada de 343.853 habitantes, conforme Censo do IBGE de 2017. O município de Canoas é um importante polo industrial com o 2° maior PIB do estado, sendo a quarta cidade mais populosa do RS.

2.2. Caracterização geológica e geomorfológica

A área de estudo está inserida no contexto da Bacia do Paraná, que representa uma ampla sinéclise de forma ovalada, preenchida por rochas vulcânicas e sedimentares com idades entre o Neo-Ordoviciano ao Neo-Cretáceo (Milani et al., 2007). A região de Canoas é constituída principalmente por rochas sedimentares depositadas no Permiano (299-250 Ma), ocasionalmente cobertas por sedimentos Jurássicos e cortadas por intrusões (diques e sills) de rochas vulcânicas do Cretáceo Inferior (131-125 Ma). Estas unidades estão cobertas por sedimentos consolidados relacionados a leques aluviais de idade Terciária, associados ao recuo da escarpa do planalto, e por sedimentos inconsolidados do Quaternário.

Geomofologicamente, esta região está inserida na denominada Depressão Central ou Periférica, onde o relevo é composto essencialmente por planícies com alguns morros testemunhos.

2.3. Aspectos climáticos

O clima do município de Canoas é quente e temperado. A pluviosidade é significativa ao longo do ano, com média anual de 1418mm, sendo a média máxima em torno de 140mm e a mínima de aproximadamente 100mm. As temperaturas em geral são quentes com média de 21 C° ao longo do ano, mas com 4 meses de temperaturas médias acima de 29° C. A classificação do clima segundo a Köppen e Geiger é Cfa.

3. METODOLOGIA

A primeira etapa do trabalho teve como objetivo a análise semi-quantitativa vetorial da expansão urbana do município entre os anos de 1983 a 2017, utilizando para a vetorização o software ArcGis 10.4.1. e imagens de satélite para efetiva comparação temporal da expansão urbana.

Após a obtenção dos dados de expansão, para análise, foi realizada a interpretação do mapa das áreas de alagamento de Canoas, desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Canoas – através da implementação do geoprocessamento para a geração de mapas temáticos – após constantes problemas de inundação e enchentes acontecidos em alguns pontos específicos da cidade nos últimos anos.

Para efeito de comparação com as áreas de alagamento do primeiro mapa, na segunda etapa do trabalho, foi elaborada a delimitação das bacias hidrográficas abrangidas pelo município através de vetorização utilizando o software ArcGis.10.4.1, para desse modo obter através de análise espacial e vetorial algumas características de forma das bacias, como: área, perímetro, comprimento de talvegue e comprimento axial. A partir da obtenção desses dados, foram realizados cálculos para encontrar as características das bacias e identificar a suscetibilidade à riscos de inundações das bacias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Expansão urbana e as zonas de alagamento

A análise da expansão urbana no município entre os anos de 1983 a 2017 é representada nas imagens de áreas não ocupadas nos dois anos na Figura 1.

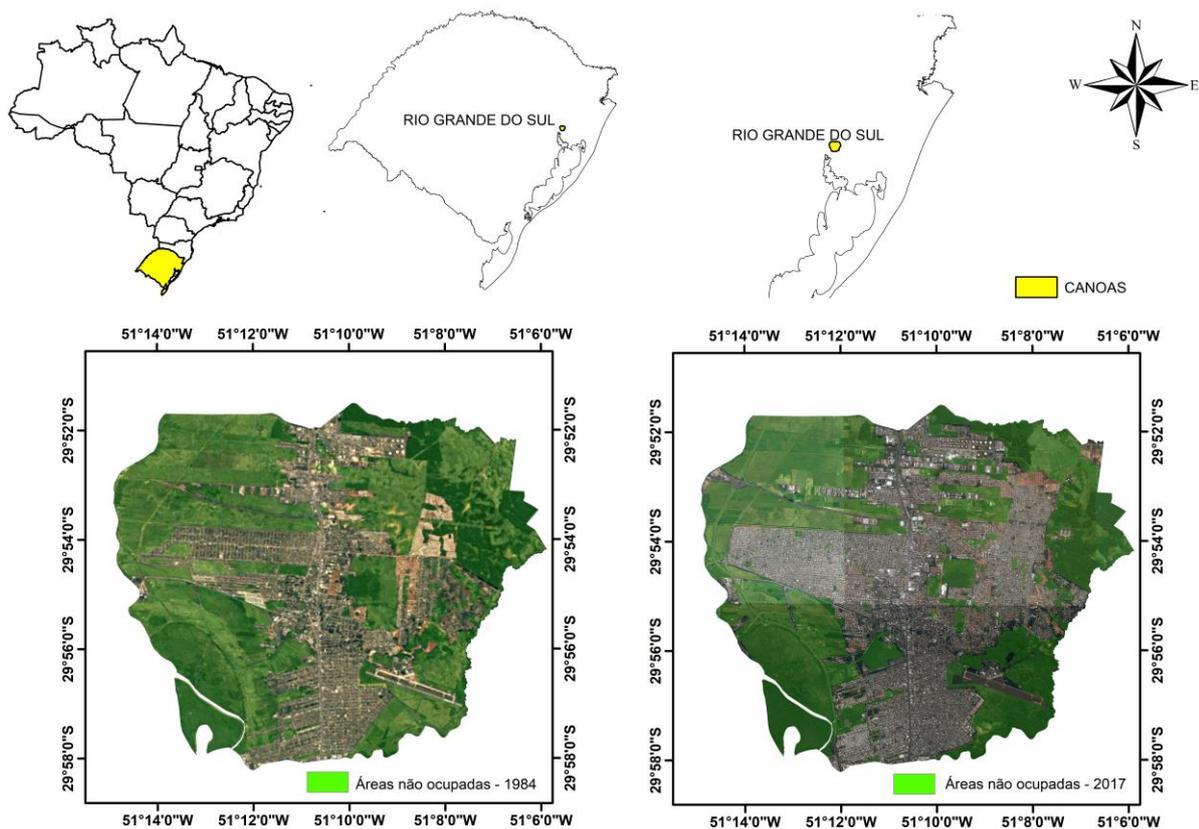


Figura 1: Áreas não ocupadas nos anos de 1983 e 2017 no município de Canoas/RS, incluindo a localização do mesmo em relação ao Rio Grande do Sul e ao Brasil.

Em decorrência da forte expansão urbana fomentada pela industrialização que ocorreu nas décadas de 40 e 50 em diversas cidades brasileiras, algumas zonas periféricas da cidade de Canoas começaram a ser ocupadas. Os principais bairros afetados foram: Niterói, Fátima, Rio Branco e Mathias Velho, que estão localizados na planície de inundação dos Rios dos Sinos e Gravataí, na zona Oeste, Sudoeste e Sul do município. Os bairros Mathias Velho e Rio Branco destacam-se pela forte presença da urbanização no seu território. O primeiro, no ano de 2017, com área de 6,47km², possuía um total de 98,73% da sua área total ocupada pela urbanização, o segundo, com área de 4,41km², continha 89,35% de área urbanizada. Esses dados podem ser visualizados na Tabela 1, onde constam outros bairros presentes na planície.

Tabela 1: Ocupação do solo no ano de 2017 em relação à área total nos municípios presentes na planície de inundação.

BAIRROS	ÁREA OCUPADA EM 2017	ÁREA TOTAL	% OCUPADA
Mathias Velho	6,39 km ²	6,47 km ²	98,70%
Harmonia	4,30 km ²	4,67 km ²	92,06%
Rio Branco	3,94 km ²	4,41 km ²	89,26%
Niterói	6,05 km ²	8,13 km ²	74,39%
Fátima	3,88 km ²	6,01 km ²	64,54%
São Luís	2,93 km ²	11,47 km ²	25,54%
Mato Grande	2,82 km ²	14,52 km ²	19,42%
Industrial	1,91 km ²	12,37 km ²	15,44%

A ausência de planejamento anterior à urbanização ocasionou problemas com os quais a prefeitura passou a ter que se habituar, solicitando frequentemente um redimensionamento das redes de macrodrenagem da cidade. Com a implantação da utilização da geotecnologia como ferramenta de auxílio aos setores técnicos para definição de novos mecanismos e auxílio no desenvolvimento da gestão urbana, a Prefeitura Municipal de Canoas realizou o mapeamento das zonas com potencial de alagamento da cidade, conforme é representado na Figura 2. Relacionando a expansão urbana que ocorreu nos últimos anos nas áreas de alagamento e a constatação de diversos pontos de alagamentos e enchentes em períodos de fortes chuvas nos bairros pertencentes a essa área, podemos verificar a influência que a ocupação irregular do solo possui sobre o sistema de drenagem da cidade, principalmente por conta da impermeabilização do solo local.

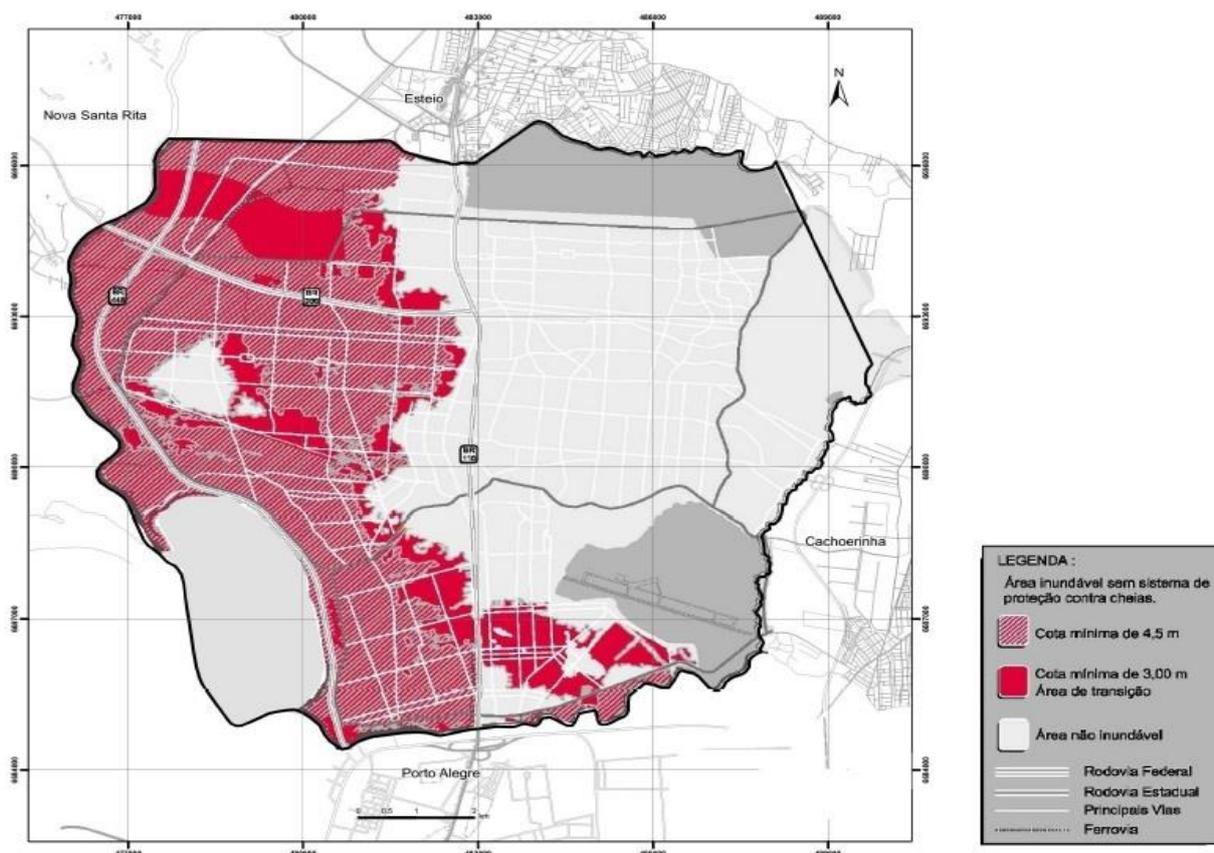


Figura 2: Áreas de alagamento no município de Canoas.

Fonte: Prefeitura Municipal de Canoas (2015)

4.2. Análise de forma das Bacias Hidrográficas

Conforme representação na Figura 3, as bacias urbanas abrangidas pelo município são divididas em duas, a bacia 1 possui uma área total de 104,79 km², perímetro de 58,84 km, comprimento de talvegue de 9,44 km e comprimento axial de 14,31 km, a bacia 2 possui uma área total de 26,50 km², perímetro de 35,06 km, comprimento de talvegue de 9,92 km e comprimento axial de 12,70 km.

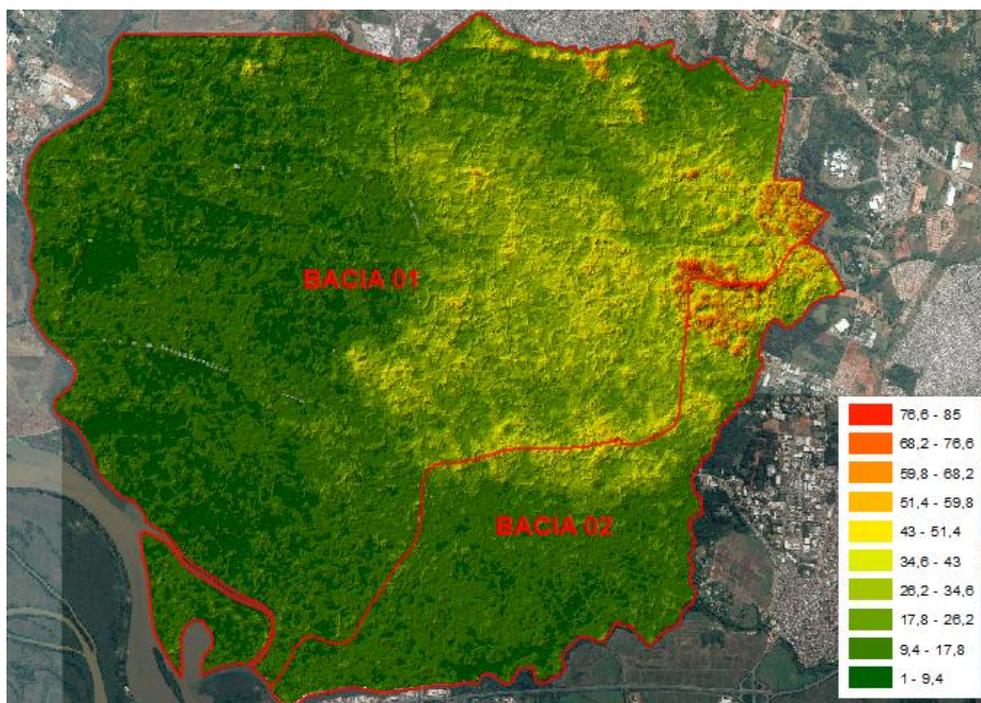


Figura 3: Bacias 01 e 02 do município.

A declividade de uma bacia hidrográfica é um dos fatores que mais interfere na suscetibilidade às enchentes e alagamentos. Quanto maior a declividade do terreno, menor é o tempo de concentração e maior é a velocidade de escoamento superficial da bacia. Canoas está inserida em uma área sem grande concentração de morros testemunhos, tendo um terreno praticamente plano – como pode ser visualizado na Figura 3 – o que acaba fazendo com que a declividade não seja fator dominante no escoamento das águas superficiais.

4.2.1. Coeficiente de Compacidade (Kc)

Coeficiente de compacidade (Kc) é um índice adimensional de forma que relaciona o perímetro da bacia em estudo com o perímetro de um círculo de mesma área, variando conforme a forma da bacia. Quanto mais irregular for a bacia, independentemente do tamanho, maior será o coeficiente. Foi realizado o cálculo dos coeficientes das bacias 01 e 02 a partir da Equação 1, com a relação entre o perímetro (P) da bacia em estudo em km e a área (A) da bacia em km², gerando os resultados da Tabela 2.

$$Kc = 0,28 \times \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (1)$$

Tabela 2: Coeficiente de compacidade das bacias (Kc).

Bacia	Kc
Bacia 1	1,61
Bacia 2	1,91

Quanto mais o coeficiente de compacidade de uma bacia se aproxima de 1,0 – quando o perímetro da bacia se assemelha ao perímetro de um círculo de mesma área – maiores são as chances de enchente, pois em uma bacia circular os pontos de escoamento dos cursos d'água tributários para o principal se dão no mesmo ponto. Para coeficientes maiores que 1,50 a bacia

não está sujeita a grandes enchentes. Na análise, as duas bacias apresentam coeficientes maiores que 1,50, portanto, em relação aos seus perímetros, não são suscetíveis à grandes enchentes.

4.2.2. Coeficiente de Conformidade (Kf)

O Coeficiente de Conformidade (Kf) é um índice que relaciona o comprimento médio da largura da bacia – considerando-a como uma poligonal – com o comprimento axial da mesma. Quanto menor o índice, maior é o comprimento da bacia e menores são as chances de em um período de fortes chuvas toda a área da bacia ser atingida da mesma forma, pois os cursos d'água tributários atingem o curso d'água principal em diversos pontos ao mesmo tempo, diferentemente da bacia circular discutida anteriormente. Foi realizado o cálculo dos coeficientes das bacias 01 e 02 a partir da Equação 2, onde é relacionada a área da bacia (A) em km² com o comprimento axial da mesma (L) em km, gerando os resultados da Tabela 3.

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Tabela 3: Coeficiente de conformidade das bacias (Kf).

Bacia	Kf
Bacia 1	0,51
Bacia 2	0,16

As bacias com coeficientes de conformidade entre o intervalo de 0,50 a 0,75 possuem tendência mediana à grandes enchentes, que é o caso da Bacia 1. Já a bacia 2, com coeficiente menor que 0,50, não está sujeita às enchentes.

4.2.3. Índice de Circularidade (Ic)

O índice de circularidade (Ic) relaciona a área da bacia (A) em km² e o (P) em km da mesma. Os valores do índice tendem a aumentar conforme a bacia se aproxima de uma forma circular e diminuem a medida que a bacia se torna alongada, favorecendo o processo de escoamento. Para o cálculo do índice foi utilizada a Equação 3 e gerados os resultados da Tabela 4.

$$Ic = 12,57 * \frac{A}{p^2} \quad (3)$$

Tabela 4: Índice de circularidade das bacias (Ic).

Bacia	Ic
Bacia 1	0,38
Bacia 2	0,27

4.2.4. Tempo de concentração (Tc)

Para Silveira (2005), o tempo de concentração (Tc) pode ser definido como o tempo necessário para uma gota d'água caminhar superficialmente do ponto mais distante (em percurso hidráulico) da bacia até o seu exutório. Ou seja, é o tempo que leva para toda a bacia contribuir para o escoamento superficial resultante das águas das chuvas. A relação é realizada entre o comprimento de talvegue (L) e a diferença de cota (S) entre a maior e menor cota do mesmo. Para o cálculo do tempo de concentração das duas bacias foi utilizada a Equação 4 e gerados os resultados da Tabela 5.

$$T_c = 57 \times \left(\frac{L^2}{S}\right)^{0,385} \quad (4)$$

Tabela 5: Tempo de concentração das bacias (Tc).

Bacia	Tc (min)
Bacia 1	99,41
Bacia 2	96,59

A partir dos resultados verificamos que o tempo de concentração e de percurso d'água é parecido para as duas bacias, apesar da diferença de forma e de área total entre elas. Esta semelhança de tempo de concentração entre as duas se deve ao fato do comprimento de talvegue ser de mesma ordem de magnitude.

5. CONCLUSÕES

A partir da utilização do geoprocessamento para análise semi-quantitativas e análises espaciais, verificamos que a sua implantação pode servir de auxílio para tomadas de decisões e elaboração de futuros planos diretores, além da manutenção dos mesmos para cidades que possuem problemas de infraestrutura urbana e ocupação desordenada do solo. As atividades humanas, como a construção de novos prédios e residências, a pavimentação de ruas e calçadas, são de suma importância para o desenvolvimento das cidades. Porém, podem vir a acarretar em um grande problema para cidades que não possuem uma boa gestão da ocupação do solo.

A análise da forma das bacias hidrográficas abrangidas pelo município de Canoas mostra que a ocupação da planície de inundação do Rio dos Sinos e do Rio Gravataí é um problema que aumentou nos últimos anos e que pode tornar-se mais crítico nos próximos anos, com o aumento da impermeabilização do solo e conseqüentemente aumento dos problemas hidrológicos e ambientais.

Conforme os estudos realizados, foi verificado que a suscetibilidade das duas bacias urbanas à enchentes e alagamentos é baixa, se considerarmos apenas as suas características morfológicas. Bacias urbanas requerem estudos mais específicos incluindo além das calhas naturais, as calhas antrópicas bem como a ocupação urbana e as obras de micro e macrodrenagem. Deste modo, sugere-se que além do estudo de forma, modelos mais complexos e sistêmicos sejam adotados para uma melhor compreensão e solução desta problemática.

REFERÊNCIAS

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G., SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A. e FRANÇA, A. B., 2007. Bacia do Paraná. In: Cartas Estratigráficas. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C., 2003. Inundações Urbanas na América do Sul. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, Ed. 1, 156p.

SILVEIRA, A. L. L., 2005. Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 10, n.2, p. 5-23.