

ANÁLISE DA ÁREA URBANA MAIS AFETADA POR INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE SANTA ROSA - RS

Djeison Fernando Drey^{1} & Giuliano Crauss Daronco²*

Resumo: As inundações causam todos os anos grandes prejuízos financeiros e sociais em praticamente todo o território brasileiro. Dependendo da localização, qualquer cidade pode sofrer com estes tipos de problemas, que geralmente afetam as populações mais carentes. Na zona urbana do Município de Santa Rosa não é diferente, existem várias áreas de risco proporcionadas pelos dois rios que cortam a cidade. Neste trabalho foi realizado a análise da área mais afetada pelas inundações no Município. Através do Método Racional, foi calculado a Vazão de Escoamento (Q_p) gerada pela área de contribuição do local. As variáveis necessárias para o cálculo foram levantadas através de visitas a campo, sendo analisadas as características de cobertura vegetal, declividade, topográfica e área de contribuição.

Palavras-Chave – Inundações, Área mais afetada, Método Racional.

ANALYSIS OF URBAN AREA MOST AFFECTED BY FLOODING IN THE CITY OF SANTA ROSA - RS

Abstract – Floods cause major damage each year in financial and social practically the entire Brazilian territory. Depending on the location, any city can suffer from these types of problems, which usually affect the poorest populations. In the urban area of the City of Santa Rosa is no different, there are several areas of risk provided by the two rivers that run through the city. In this work the analysis of the area most affected by the floods in the city. Through the Rational Method, was calculated Flow Flow (Q_p) generated by the contribution area of the site. The variables necessary for the calculation were raised through field visits, and analyzed the characteristics of vegetation cover, slope, and topographic contribution area.

Keywords – Floods, area most affected, Rational Method.

1. METODOLOGIA

1.1 Área de Estudo

O município de Santa Rosa está localizado no estado do Rio Grande do Sul e integra a mesorregião Noroeste Riograndense. Se encontra a 493 Km de distância da capital do estado, Porto Alegre, estando a uma altitude de 277 metros em relação ao nível do mar e localiza – se nas coordenadas geográficas de latitude 27°52'15" e longitude 54° 28'53". Em relação a sua proporção, possui uma área de 489,81 km² e 68.595 habitantes conforme o senso de 2010, IBGE (2010). A cidade possui uma densidade demográfica de 140,03 hab/km² e seu território representa 0,1822% em relação ao território do RS. As principais receitas do município estão ligadas ao setor agrícola, setor industrial e de serviços. Segundo dados da Fundação de Economia e Estatística - FEE (2007b), no ano de 2007 o PIB do município de Santa Rosa chegou a 1,032 bilhões de reais, sendo o 28º PIB

¹Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Regional Integrada Do Alto Uruguai e das Missões URI – Santo Ângelo – djeisondrey@gmail.com.

² Engenheiro Civil. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento. Doutorando em Recursos Hídricos e Saneamento. Professor da Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ) - giuliano@daroco.com.br.

do Rio Grande do Sul. Este valor representa 0,58% do PIB do RS. O PIB per capita neste mesmo ano foi R\$ 16.095,00, somente o 145º do estado, IBGE (2010).

1.2 Bacia Hidrográfica

O termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Este compartimento é drenado superficialmente por um curso d'água principal e seus afluentes. Ela é também denominada de bacia de captação quando atua como coletora das águas pluviais, ou bacia de drenagem quando atua como uma área que está sendo drenada pelos cursos d'água, Silva (1995). A Lei Estadual N° 10.350, de 1994, dividiu o Estado do Rio Grande do Sul, para fins de gestão de recursos hídricos, em três grandes regiões hidrográficas, sendo a Região Hidrográfica do Guaíba, Uruguai e Bacias Litorâneas, SEMA (2006). De acordo com FEPAM (2004), o município de Santa Rosa está inserido na Região Hidrográfica do Uruguai que abrange a porção norte, noroeste e oeste do território sul rio – grandense, com uma área aproximada de 127.031,00 Km², equivalente a 47,88% da área do estado.

Esta região está subdividida em 10 unidades, e Santa Rosa faz parte da unidade Hidrográfica dos Rios Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo (U030). Ela situa-se a norte-noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 27°07' a 28°13' de latitude Sul e 53°24' a 55°20' de longitude Oeste. Abrange a Província Geomorfológica Planalto Meridional e possui uma área de 11.056,23 km². A população estimada é de 371.199 habitantes tendo que seus principais usos da água se destinam a dessedentação animal, abastecimento humano e irrigação, SEMA (2010).

A bacia U030 foi dividida em sub – bacias, uma para cada rio principal e outra para cursos d'água menores que deságuam diretamente no rio Uruguai. O município de Santa Rosa está inserido na área das sub - bacias dos rios Amandaú, Santa Rosa e Santo Cristo, ocupando 10,80%, 64,11% e 25,09% da área do município respectivamente.

1.2.1 Micro Bacia Urbana

O perímetro urbano do município é atravessado pelo arroio Pessegueiro e pelos seus afluentes, o arroio Pessegueirinho e a Sanga do Inácio, conforme a figura 1. A cidade desenvolveu-se a partir da sua região central em direção leste seguindo a Av. Expedicionário Weber, que é o divisor de águas entre o arroio Pessegueirinho e a sanga do Inácio. A cidade apresenta, ainda, uma expansão radial ocupando as zonas baixas junto aos cursos de d'água, PMSB (2010).

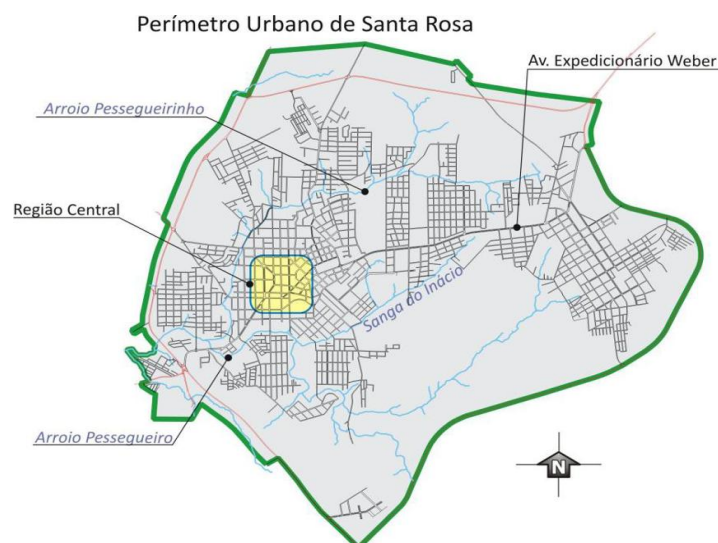


Figura 1 – Rios que cortam o perímetro urbano do Município de Santa Rosa – PMSB (2010)

A delimitação da área de contribuição hídrica à seção do arroio Pessegueiro junto à ponte rodoviária da RS-344 obteve um valor de cerca de 93,12 km², valor este que engloba as áreas de contribuição do arroio Pessegueirinho e Sanga do Inácio. O perímetro urbano estende-se ligeiramente além dos limites do divisor de água topográfico da bacia do arroio Pessegueirinho, sendo estas zonas pouco urbanizadas. Esta bacia tem altitude média de 305m, com as máximas de 415m e mínimas de 210m. A declividade média da bacia é de 7,6%, com máximas de 25%. Pelos histogramas verifica-se que a bacia tem tendência a gerar escoamentos superficiais com velocidades de moderada à alta, causando elevações bruscas dos níveis d'água nos arroios que cruzam o perímetro urbano, PMSB (2010).

2. RESULTADOS

2.1 Inundações

Para a Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), as inundações são causadas pelo afluxo de grandes quantidades de água que, transbordando dos leitos dos rios, canais e áreas represadas, invadem os terrenos adjacentes, causando danos. As inundações podem ser classificadas em função da magnitude e da evolução.

Em relação à magnitude, Castro (2003), classifica as inundações em: excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude. Quanto à evolução, o autor classifica as inundações em: enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar. Ainda segundo o autor, várias são as causas imediatas e/ou concorrentes que podem levar a uma inundação. Entre as causas cita como exemplos as precipitações pluviométricas intensas e concentradas, a elevação do leito dos rios devido ao assoreamento, a redução da capacidade de infiltração do solo, causada pelo ressecamento, compactação e/ou impermeabilização, e/ou rompimento de barragens construídas com tecnologia inadequada. As inundações verificadas na zona urbana de Santa Rosa são classificadas em dois tipos, PMSB (2010):

- Alagamentos, devido à urbanização (impermeabilização do solo), onde são inundadas temporariamente ruas, passeio e pátios, podendo estas ocorrer em qualquer parte da bacia;
- Inundações ribeirinhas, geralmente apresentam causas naturais caracterizadas pelo efeito de enchente periódica (em média a cada 1,5 a 2anos) dos cursos d'água, apresentando durações superiores ao dos alagamentos e ocorrem nos fundos de vale e várzeas.

Por possuir dois rios que cortam a cidade, existem vários trechos que são suscetíveis a inundações no município. De acordo com a figura 2, os trechos inundáveis ocorrem em áreas ribeirinhas aos rios que cruzam a cidade e que são os responsáveis pelo escoamento das águas geradas pela bacia hidrográfica urbana. A área mais afetada por inundações é onde ocorre à confluência dos arroios Pessegueirinho e Pessegueiro para à jusante, onde estão localizadas as Vilas Jardim Petrópolis, Vila Nova, Vila Planalto, Vila Piekala, Vila Santa Inês (antiga Vila Esmeralda), Vila sulina e Vila Auxiliadora.

De todas as inundações que ocorreram em Santa Rosa, a que atingiu o município em 2009 foi a mais prejudicial e forte. De acordo com a Defesa Civil do Município, a inundação aconteceu no dia 22/11/2009, sendo registrada com início as 06:00 horas, onde houve o registro de precipitação de 133,20 mm em um período de 8 horas. No mês de novembro de 2009 houve a precipitação total de 465,30 mm quando o normal para o mês é de 128,0 mm.

Conforme registrado no documento AVADAN (Avaliação de Danos), expedido pela defesa civil, a inundação afetou 855 pessoas, dentro das quais, 120 ficaram desalojadas, 75 deslocadas e 21 enfermas. O mesmo documento classifica o desastre como PORTE GRANDE, alcançando nível III, em uma escala de classificação de 1 a 4.

Os trechos inundáveis correspondem as seguintes vilas dos municípios, PMSR (2012):

I. Vila Flores, Balneária, Oliveira, aliança e Glória;

II. Vila Progresso e Sulina;

III. Vila Winkelmann e Santos;

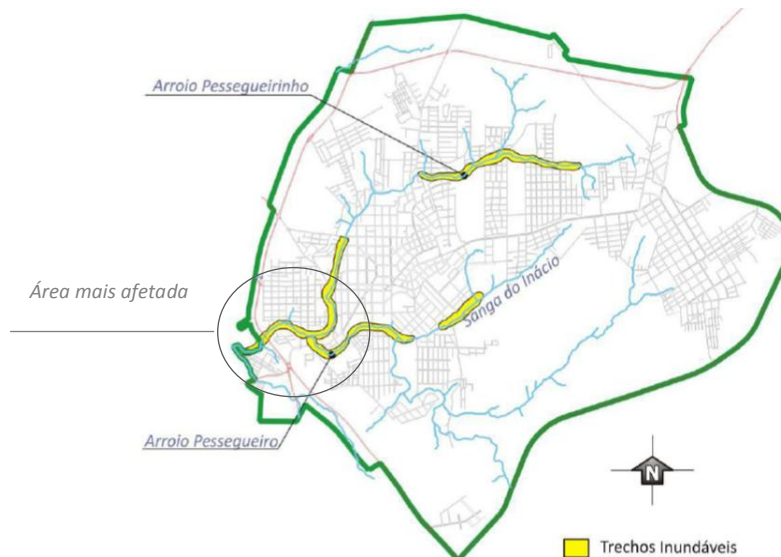


Figura 2 – Trechos inundáveis e área mais afetada, PMSB (2010).

Na tabela 1, são apresentados os danos econômicos causados pelo desastre.

Tabela 1 – Dados econômicos causados pela inundação de 2009.

Edificações	Quantidade	Valor (R\$)
Residências populares	120 unid.	7.550.500,00
Estabelecimentos públicos de ensino	4 unid.	41.321,00
Obras de arte	12 unid.	3.650.000,00
Pavimentações em vias urbanas	216,20 m ²	10.760.000,00
Estabelecimentos comunitários	4 unid.	15.721,00

2.1.1 Fatores da área mais afetada que influenciam nas inundações

Existem diversos fatores que hidrológicos e geomorfológicos que afetam diretamente e contribuem para ocorrência de inundações em certas áreas. Todos eles estão diretamente ligados ao volume de escoamento superficial que ocorre depois de uma precipitação. O escoamento superficial pode ser definido como o movimento das águas, que, por efeito da gravidade, se deslocam na superfície da terra, Costa e Lança (2011).

Para a determinação da vazão (Q_p), existem diversos métodos que podem ser aplicados, uma vez que sejam respeitadas as características da área em estudo. Para áreas menores é recomendado o uso do Método Racional. Este método leva o nome racional pela coerência na análise dimensional das variáveis, sendo o mais simples e mais usual em pequenas áreas. É um modelo empírico cujo objetivo é aplicar um redutor na precipitação intensa, significando um percentual do total precipitado que escoam, superficialmente sendo este redutor, influenciado pela cobertura vegetal, classe de solos, declividade, tempo de retorno e intensidade da precipitação ocorrida, Costa e Lança (2001).

Para resultados mais precisos ele deve ser empregado em pequenas bacias com área de drenagem inferior a 3 Km² (300 ha), ou quando o tempo de concentração for inferior a uma hora.

O cálculo da vazão pode ser representado pela seguinte fórmula:

$$Q_p = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6} \quad (1)$$

Onde:

Q_p - vazão em m³/s;

C - coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de “run off”; é em função das características da bacia em estudo;

i - intensidade da chuva de projeto, em mm/h; valor a ser calculado pela equação de chuvas intensas válidas para o local do projeto.

A - área de drenagem da bacia, em km².

O método pressupõe a necessidade de que a duração da chuva de projeto seja igual ao tempo de concentração da bacia (t_c), Pedrazzi (1999). Em seguida serão explicadas as variáveis hidrológicas necessárias para a aplicação do método racional juntamente como os dados coletados da área afetada para a realização dos cálculos.

2.1.2 Delimitação da área de drenagem da área em estudo

A área de drenagem (km²) da área afetada foi delimitada e estimada da seguinte forma:

1° - Foi delimitada a área de estudo utilizando imagens disponíveis no programa de georreferenciamento Google Earth, versão 2009. Serão levadas em consideração as cotas topográficas planialtimétricas, por uma linha que caracteriza os divisores de água que contribuem para a área em estudo.

2° - Após a delimitação da área, foi utilizado ferramentas específicas do programa Autocad 2011 para a obtenção da área em Km².

A delimitação da área de drenagem é apresentada na figura 3.

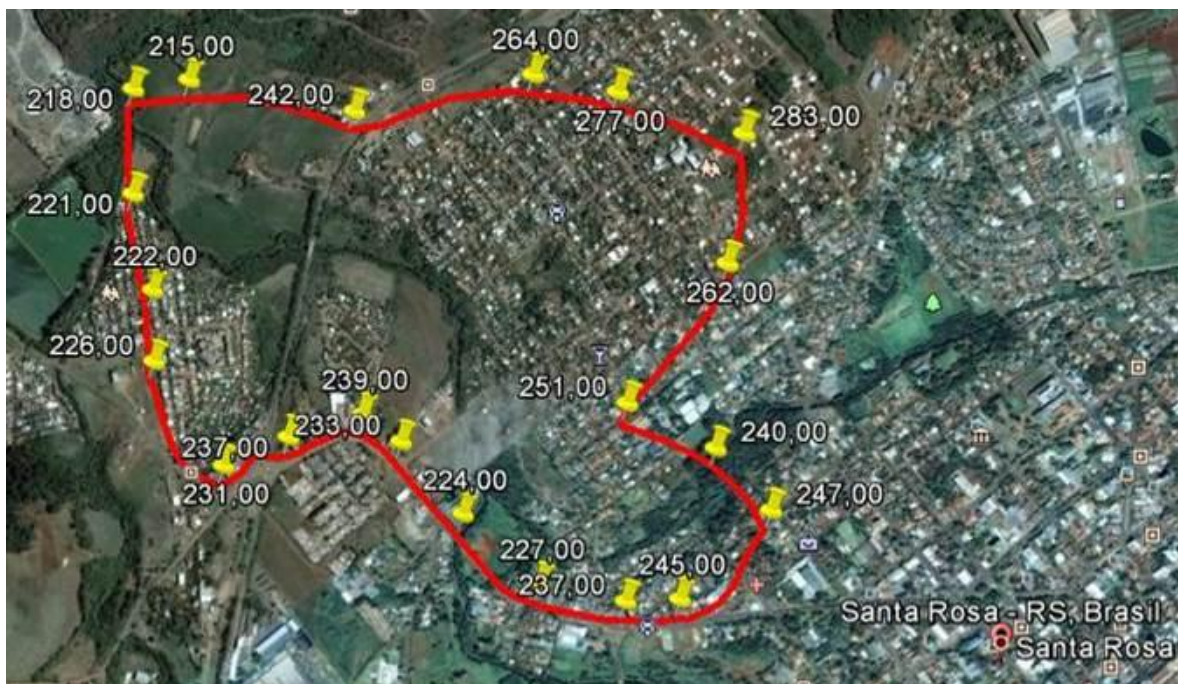


Figura 3 – Delimitação da área de drenagem da área em estudo, adaptado do programa Google Earth, (2009).

2.1.3 Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial (C) de uma bacia representa a quantidade de água de escoamento gerada pela bacia em eventos chuvosos. Ele varia também em uma mesma bacia, de acordo com o ano e com o evento em função da intensidade, distribuição temporal e espacial da precipitação, condições de umidade do solo e retenções da vegetação. Ele é definido aqui como a relação entre o volume total de escoamento superficial no evento e o volume total precipitado, Tucci (2001).

Resumidamente influenciam no coeficiente C as seguintes variáveis: porcentagem da área impermeável, características do solo, duração da chuva, intensidade da chuva, forma da área de drenagem, capacidade de campo da camada de solo, declividade da bacia, frequência escolhida. Conforme a tabela 2, Costa e Lança (2001), apresentam os valores para o coeficiente de escoamento para o tempo de retorno igual a 2 anos e em função das características de cobertura do terreno.

Quando a bacia ou a área em estudo apresenta uma ocupação muito variada, deve ser calculada a média ponderada do coeficiente de escoamento:

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_i \cdot A_i}{A_1 + A_2 + \dots + A_i} \quad (2)$$

Onde:

C_1, C_2, \dots, C_i = coeficientes de escoamento superficial para as áreas $A_1 + A_2 + \dots + A_i$, respectivamente;

A_1, A_2, \dots, A_i = áreas que possuem coeficientes C_1, C_2, \dots, C_i ;

C = coeficiente de escoamento superficial obtido pela média ponderada efetuada.

Para o cálculo correto do coeficiente de escoamento da área mais afetada, a figura 4 apresenta os tipos de cobertura em cada área que compõe a bacia de drenagem da área de estudo. Os tipos de cobertura foram obtidos através de visitas ao local e também com a ajuda de imagens via satélite, retiradas do programa Google Earth, versão 2009.

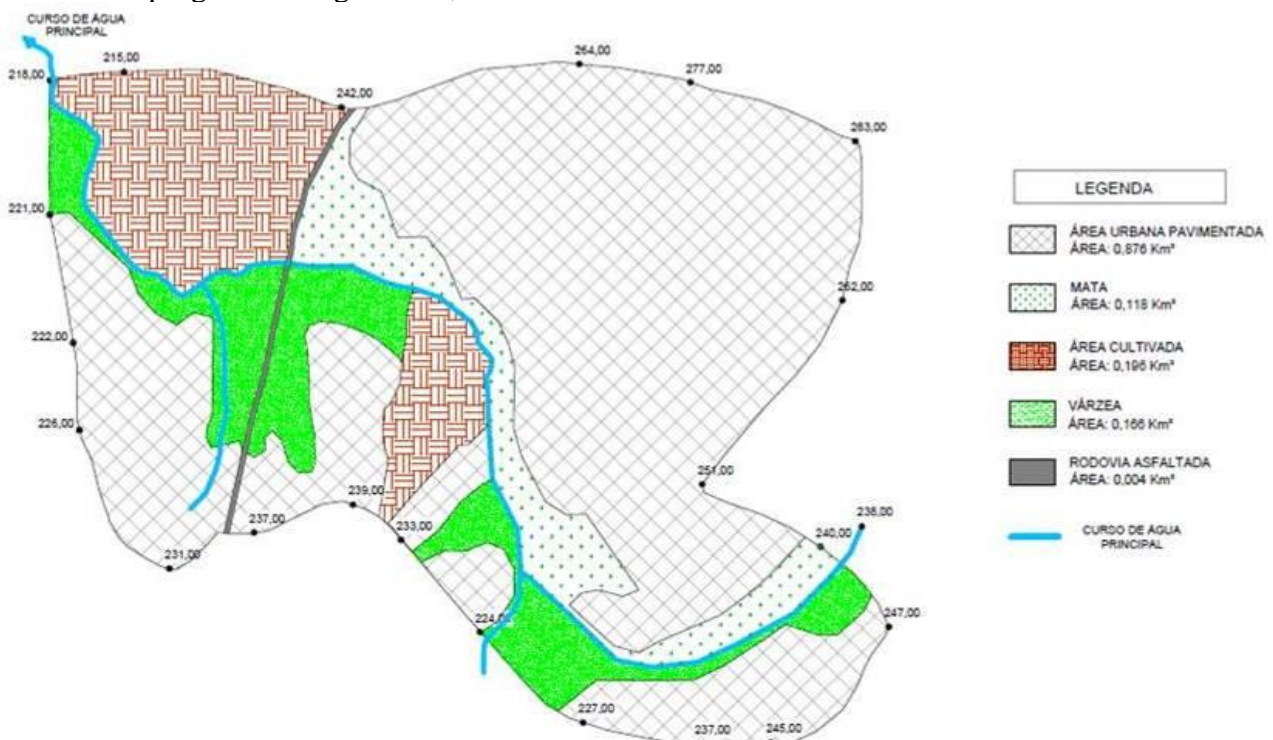


Figura 4 – Tipo de cobertura e ocupação do solo da área em estudo, adaptado do programa Google Earth, (2009).

Tabela 2 – Valores para o coeficiente (C) para o tempo de retorno igual a 2 anos

Superfície	$Tr = 2 \text{ anos}$
Área urbana pavimentada	0,70
Asfalto	0,73
Concreto / telha	0,75
Campos cultivados (declividade de 2 – 7%)	0,37
Florestas (declividade de 2 – 7%)	0,31
Pastos (declividade de 2 – 7%)	0,33
Gramados (cobrimento maior de 75% da área)	0,29

2.1.4 Intensidade da chuva

Os dados de chuvas são fundamentais no estudo da determinação do coeficiente de escoamento superficial em pequenas bacias e áreas. A intensidade da chuva é calculada a partir de uma fórmula elaborada para cada área ou cidade, levando em conta as características do local em estudo, para uma dada duração e período de retorno. Quando se dispõe da equação de chuva ou equação intensidade – duração – frequência (IDF) para um dado local, esta é a melhor maneira de se obter a intensidade da chuva, Paiva (2001).

A equação IDF em geral tem a seguinte forma:

$$I = \frac{a \cdot Tr^b}{(tc + c)^d} \quad (3)$$

Onde:

- a, b, c, d = são parâmetros de ajustes conforme as características do local;
- Tr = é o tempo de retorno em anos;
- tc = é o tempo de concentração (tc) em horas;
- I = intensidade de precipitação em milímetros por hora.

Através de pesquisas realizadas para o desenvolvimento e elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo da cidade de Santa Rosa, realizado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRGS (2010), foram discriminados os parâmetros para a equação da Intensidade de chuva em Santa Rosa. Os parâmetros são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros pra a equação da chuva de Santa Rosa

Parâmetro	Valor
<i>a</i>	28
<i>b</i>	0,17
<i>c</i>	0,025
<i>d</i>	0,676

A intensidade da chuva para a área se dará com a aplicação destes parâmetros na fórmula específica citada anteriormente. Neste trabalho para efeito de cálculo, será utilizado o tempo de retorno igual a 2 anos, de acordo com o gráfico IDF de Santa Rosa, PMSB (2010).

O comprimento do curso principal e a diferença de nível entre o ponto mais afastado e o ponto considerado para cálculo foram obtidos pela análise de imagens obtidas e adaptado através do programa Google Earth, versão 2009. De acordo com a análise, o comprimento do curso principal é

de 2,49 Km. A cota no ponto mais afastado é de 238,00 metros, enquanto que no ponto analisado é de 218,00 metros, gerando uma diferença de 20,00 metros.

3. CONCLUSÃO

A grande maioria das cidades brasileiras sofrem com problemas de inundações constantes. Em Santa Rosa, no Noroeste do Rio Grande do Sul não é diferente das demais possuindo inúmeros problemas hidráulicos. Com a aplicação do Método Racional conseguimos estimar a vazão ocasionada pela precipitação na área em estudo, através da análise das características hidrológicas e geomorfológicas. Esta estimativa é de fundamental importância para avaliar as consequências de escoamento, bem como para o dimensionamento de sarjetas, bueiros e o desenvolvimento e planejamento de ações para prevenção de inundações.

4. REFERENCIAS

CASTRO, S. **Atingidos por enchente recebem doações em Santa Rosa.** Zero Hora, 2008. Disponível em <<http://zerohora.clicrbs.com.br/rs/noticia/2008/10/atingidos-por-enchente-recebem-doacoes-em-santa-rosa-2268014.html>>. Acesso em 15 de novembro de 2012.

COSTA, T.; LANÇA, R. **Hidrologia da superfície.** Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve, 2011.

FEE. **Fundação de economia e estatística.** Disponível em <<http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/capa/index.php>>. Acesso em 14 de outubro de 2012.

FEPAM. Fundação estadual de proteção ambiental Henrique Luiz Roessler. Rio Grande do Sul. Disponível em <<http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em 14 de outubro de 2012.

IBGE. **Cidades: Rio Grande do Sul - Santa Rosa.** Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 14 de outubro de 2012.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.** Ed. Universidade/UFSM/ABRH, Porto Alegre, 2001.

PEDRAZZI, J. A. **Previsão de enchentes métodos indiretos.** Capítulo 10. Faculdade de engenharia de Sorocaba. Disponível em <<http://facens.br/site/alunos/download/hidrologia/>>. Acesso em 31 de Outubro de 2012.

SANTA ROSA. Prefeitura Municipal de Santa Rosa. **Secretaria de Mobilidade Urbana,** 2012.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. L. M. **Avaliação e Controles de Drenagem Urbana.** Porto Alegre, Ed. ABRH, 2001, V. 2.

UFRGS. **Projeto “IPH/PMSB-SANTA ROSA, Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo, 2010.** V. 1, Diagnóstico dos Serviços de Saneamento Básico.