

## AVALIAÇÃO DE RISCO DE INUNDAÇÕES AO LONGO DE IGARAPÉS URBANOS: ESTUDO NO IGARAPÉ DOS TANQUES - PORTO VELHO-RO

*Débora Sabry Azar Marques<sup>1</sup>, Ana Cristina Strava Corrêa<sup>2</sup>*

**Resumo** – As cidades amazônicas possuem uma rica malha de drenagem que com o avanço da urbanização acabam por se transformar em canais poluídos com alta possibilidade de inundações frequentes. Isso se deve à transformação do uso do solo da bacia pela rápida e muitas vezes, desorganizada urbanização aliada ao estreitamento dos canais e intervenções (bueiros) ao longo do seu traçado natural. Porto Velho vem sentindo os efeitos dessas inundações a cada evento de chuva mais intensa. Essa pesquisa se propõe a apresentar o zoneamento de um igarapé urbano, denominado de Igarapé dos Tanques, que passa pela parte mais densamente ocupada da cidade. A metodologia de classificação dos riscos utilizou como base, levantamentos em campo, geoprocessamento e a estimativa da recorrência das chuvas por dois métodos de cálculo: Gumbel, aplicado por Ribeiro, 2015 e as curvas IDF propostas por Fragoso Jr, 2004. Dos resultados, observou-se que mais de 15% dos pontos estudados ao longo do igarapé estão em condições de alto risco pelo método de Gumbel. Esse percentual se eleva para 50% se aplicadas as curvas IDF, sendo que ambos os métodos apontam que a área mais crítica da bacia concentram-se junto às nascentes do Igarapé.

**Palavras-Chave** – Tempo de recorrência, rios urbanos, análise de risco de inundações.

## EVALUATION OF FLOOD RISK AT URBAN STREAMS: CASE STUDY AT IGARAPÉ DOS TANQUES – PORTO VELHO-RO

**Abstract** – The Amazonian cities have a rich drainage network that, with the advance of urbanization, eventually become polluted canals with high possibility of frequent flooding. This is due to the transformation of the basin's land use by the rapid and often disorganized urbanization allied to the narrowing of the channels and interventions (culverts) along its natural route. Porto Velho has been experiencing the effects of these floods with each event of more intense rain. This research proposes to present the zoning of an urban stream, which passes through the most densely occupied part of the city, called Igarapé dos Tanques. The methodology of risk classification used as basis, field surveys, geoprocessing and the estimation of the recurrence of rainfall by two calculation methods: Gumbel, applied by Ribeiro, 2015 and the IDF curves proposed by Fragoso Jr, 2004. From the results observed, it is believed that more than 15% of the points studied along the waterbody are in high-risk conditions by the Gumbel method. This percentage rises to 50% if the IDF curves are applied, both methods pointing out that the most critical area of the basin is concentrated near the stream springs.

**Keywords** – Recurrence time, urban streams, flood risk analyses.

<sup>1</sup> Engenharia Civil, Porto Velho – RO. Fone (69) 99358-3031 e-mail: [deborasamarques@hotmail.com](mailto:deborasamarques@hotmail.com).

<sup>2</sup> Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM, Av Lauro Sodré, 6500, Aeroporto, Fone (69) 3217-6200 e-mail: [ana.strava@sipam.gov.br](mailto:ana.strava@sipam.gov.br)

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Enchentes e Drenagem Urbana**

Para compreender os efeitos de enchentes e o desenvolvimento das cidades a margem dos rios ou litoral, busca-se os estudos em Tucci (2007), que mostra que historicamente os moradores procuravam habitação em zonas mais altas onde as enchentes não os alcançassem, pois, inundações são tão antigas quanto as cidades e as concentrações humanas, não sendo esses eventos nada mais do que o comportamento natural do rio. Esta realidade se alterou com o rápido crescimento desordenado das cidades, onde as áreas de risco foram gradativamente sendo ocupadas trazendo prejuízo humano e material.

O autor explica esse fenômeno afirmando que quando a chuva é intensa a capacidade de drenagem da calha do rio pode ser superada, pois a água da chuva que escorre pela superfície do terreno chega de todos os lados ao mesmo tempo no corpo hídrico. A inundação é resultado do transbordo da calha provocado pela água da chuva. Essa inundação só é perceptível ou causa algum prejuízo à população quando a área de várzea é ocupada para servir de habitação, lazer, agricultura, comércio e indústria.

Conforme o PDDU (2005), a urbanização provoca impactos ao ciclo hidrológico devido a alteração do balanço hídrico, pois com o crescimento das cidades ocorre a substituição da cobertura vegetal por pavimentos e coberturas impermeáveis, obrigando a canalização da água da chuva e a criação de um sistema de drenagem. As modificações dos componentes do balanço hídrico são: redução da água infiltrada no solo, aumento do escoamento superficial (devido a impermeabilização), diminuição do escoamento subterrâneo (devido à redução da infiltração que alimenta o lençol freático), diminuição da evapotranspiração devido a retirada da cobertura vegetal.

De acordo com Tucci (2009) existem dois níveis de drenagem urbana: microdrenagem e macrodrenagem. A microdrenagem é empregada onde o escoamento natural não possui uma área definida, por isso acaba sendo definida pela ocupação do solo. Dentro das cidades, a microdrenagem, basicamente é marcada pelo traçado das vias. Já a macrodrenagem, caracteriza-se pelo fluxo no fundo de vale (que são bem definidos) mesmo que o curso de água não seja perene, onde as águas pluviais chegam em sua calha conduzidas, ou não, pelo sistema de microdrenagem.

Nas cidades são comuns os riscos de inundações, caso as drenagens não ocorram de forma adequada, justificando-se assim, o estudo realizado em Porto velho, cujo objetivo principal da pesquisa foi a classificação dos riscos de inundação dos pontos de interferência do canal principal ao longo da bacia do igarapé dos Tanques. Para tanto, foram comparados dois métodos para estimativa dos tempos de recorrência das chuvas que solicitam os bueiros existentes à plena seção.

## **2. METODOLOGIA**

Baseada no trabalho de avaliação de riscos de inundações nas bacias urbanas de Porto Velho descrito em Correa 2014, a Figura 1 apresenta as principais etapas de construção das atividades que culminaram no zoneamento das áreas com maior risco de inundação, ao longo do igarapé dos Tanques.

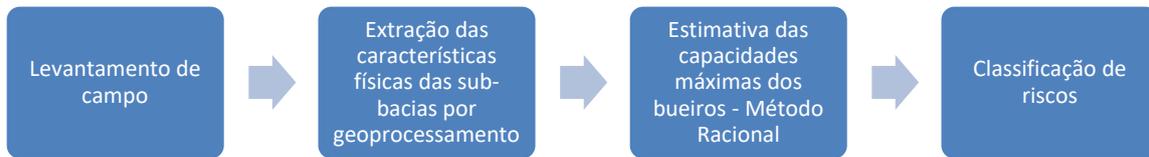


Figura 1 – Etapas da metodologia adotada para classificação dos riscos de inundação ao longo do igarapé dos Tanques.

## 2.1 Levantamento de campo

O objetivo do trabalho de campo foi levantar as características físicas dos bueiros, tais como dimensões, localização e o material da seção (bueiro). A coleta dos dados foi realizada no período de maio a setembro de 2016, quando o clima é predominantemente seco. A Figura 2 apresenta os limites da bacia e sua localização sobre imagem do Google Earth. A atualização da base geográfica e do traçado do igarapé foi elaborada por sensoriamento remoto com a vetorização do traçado sobre a imagem de alta resolução. Para este fim, aplicaram-se os softwares GoogleEarth e o Qgis.

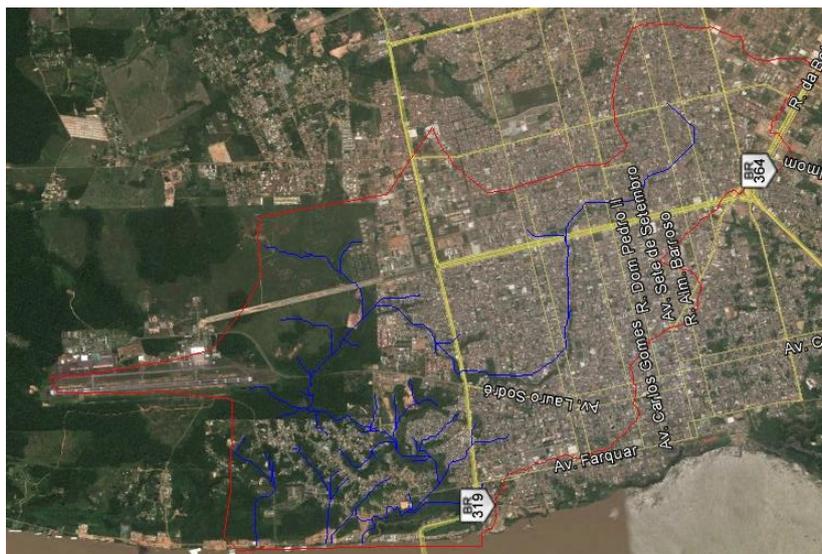


Figura 2 - Traçado da Bacia do Igarapé dos Tanques sobre imagem GoogleEarth.

## 2.2 Estimativa das capacidades dos pontos de interferência ao longo do canal

Para a determinação da vazão em cada bueiro, foram aplicadas as fórmulas de Chezy e Manning (equação 1).

$$Q = A * \left( \frac{R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{I}}{n} \right) \quad (1)$$

Para o coeficiente de rugosidade de Manning, adotou-se 0,015 para bueiros de concreto e de 0,011 para metal corrugado, compatíveis com os valores adotados no projeto de alerta de cheias do SIPAM (CORREA, 2014).

Uma vez determinadas as capacidades máximas dos pontos de interferência, aplicou-se o Método Racional (equação 2) para obtenção das chuvas correspondentes a capacidade máxima dos mesmos.

$$Q = \frac{C \cdot A \cdot i}{3,6} \quad (2)$$

Onde,  $Q$  é a vazão em  $m^3/s$ ,  $C$  é o coeficiente de deflúvio,  $A$  é a área da bacia em  $km^2$  e  $i$  em  $mm/h$ , corresponde à chuva que solicita a passagem à plena seção. O coeficiente de deflúvio  $C$  adotado foi de 0,75 para a maior parte da área da bacia. Porém, em dois pontos, adotou-se o valor de 0,3 devido a cobertura da bacia à montante ser predominantemente de áreas verdes.

O tempo de concentração de cada seção foi calculado pela equação empírica de Picking.

$$T_c = 5,3 * \left( \frac{C_r}{I} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3)$$

### 2.3 Estimativa dos tempos de recorrência e classificação de riscos de inundação.

Para avaliação da recorrência dos eventos de chuva que afogam as seções, optou-se em comparar dois métodos, a saber: (i) os tempos de retorno obtidos pelo método estatístico de Gumbel, estimado em Ribeiro, 2015, que utilizou a série histórica de chuvas da estação pluviométrica 15.40.00.00, da rede hidrométrica nacional da ANA e (ii) aplicando-se a equação IDF proposta por Fragoso Jr, 2004. Já a classificação do risco seguiu as orientações do Mapeamento de Riscos do Ministério das Cidades adaptado em associação com os tempos de recorrência de Ribeiro (2015), para três categorias de riscos: Alto (Tr entre 1 e 5 anos ou inferior a 1 ano), médio (Tr 5 e 10 anos) e baixo (para tempos de retorno acima de 10 anos).

## 3. RESULTADOS

O mapeamento dos pontos de interferência ao longo do igarapé dos Tanques e seus afluentes resultou na identificação de 27 pontos. A Figura 3 apresenta os pontos mapeados por sensoriamento remoto e suas respectivas áreas de contribuição.

Analisando as áreas de contribuição, observa-se que a menor contribuição da bacia é o TQ\_P41 com  $0,48 km^2$ , pois é o primeiro ponto próximo às nascentes de um dos braços do igarapé. Por outro lado, a maior área de contribuição fica no cruzamento da Av. Belmonte com o igarapé e acumula uma área de  $16,91 km^2$  que corresponde aproximadamente 70% da área de drenagem total da bacia dos Tanques.

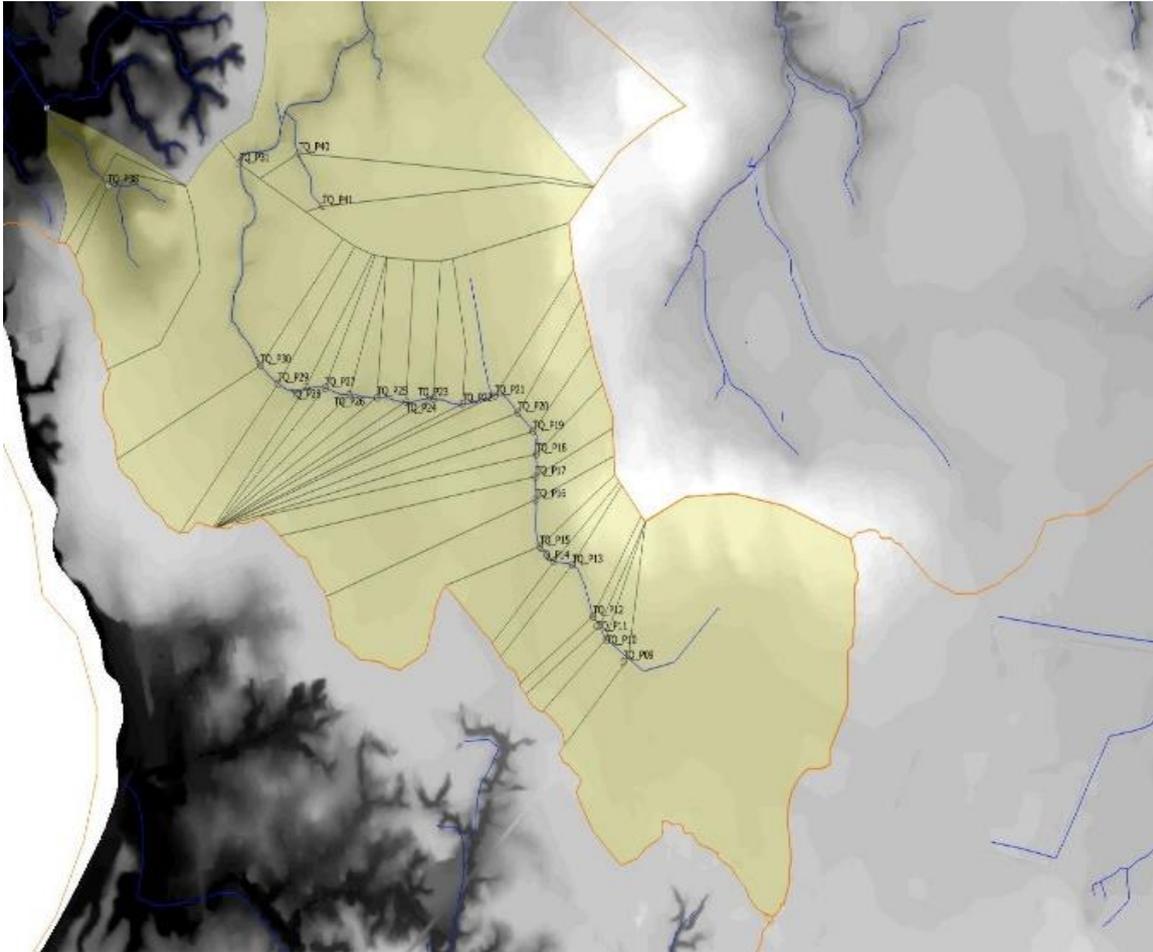


Figura 3 - Localização dos pontos de interferência avaliados em campo no igarapé dos Tanques.

Para cada ponto de cruzamento entre as vias públicas e o igarapé, foram estimadas as chuvas que o leva a trabalhar à plena seção. A Figura 4 apresenta a evolução dos tempos de concentração, bem como as respectivas intensidades de chuva correspondentes à capacidade máxima dos mesmos.

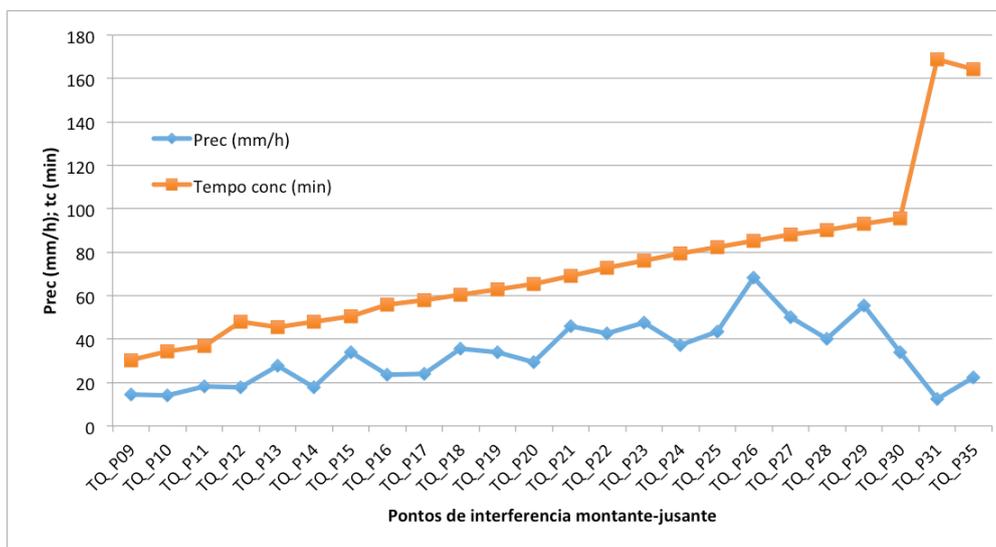


Figura 4 – Capacidade máxima dos pontos de interferência de montante (esquerda) para jusante (direita) e respectivos tempos de concentração.

Da Figura 4, depreende-se que os tempos de concentração estão coerentes com as áreas de captação a montante de cada ponto. O aumento abrupto do tempo de concentração, junto ao exutório da bacia, se justifica pelo aumento da sinuosidade do igarapé no seu trecho final. Nesse aspecto, a Figura 5 demonstra graficamente que até o ponto TQ-P 30, a variação do tempo de concentração é diretamente proporcional às áreas de drenagem a montante, de tal forma que a cada km<sup>2</sup>, observa-se o acréscimo de aproximadamente 8 minutos no tempo de concentração das chuvas ao ponto.

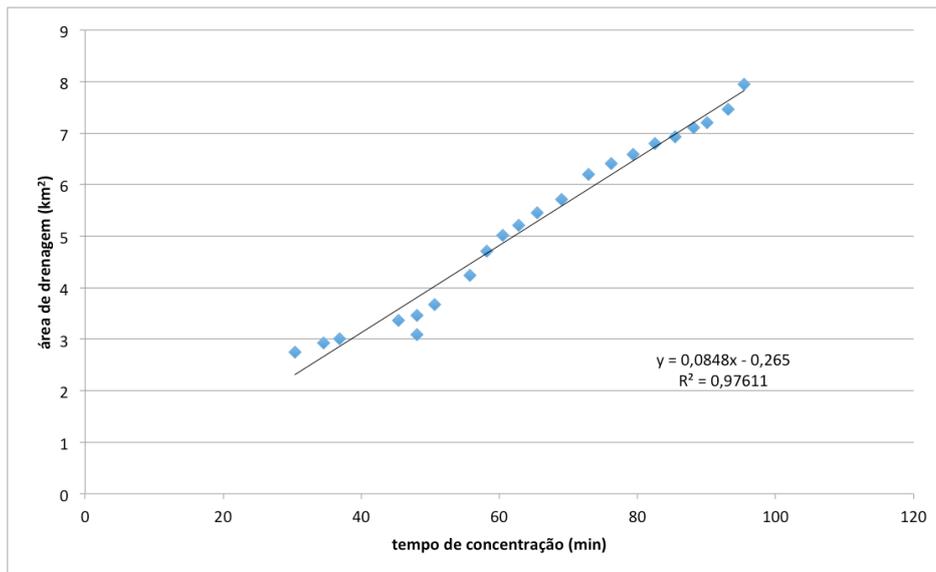


Figura 5 – Relação entre as áreas de drenagem e os respectivos tempos de concentração de cada ponto de interferência ao longo do igarapé.

A variação do tempo de retorno ao longo do trajeto do igarapé sugere que o mesmo é modulado pelas respectivas capacidades de cada ponto. A Figura 6 demonstra que até o trecho médio do igarapé, TQ-P20, os tempos de recorrência estimados segundo a equação IDF sugerida por Frago Jr, 2004, estão abaixo de 1 ano.

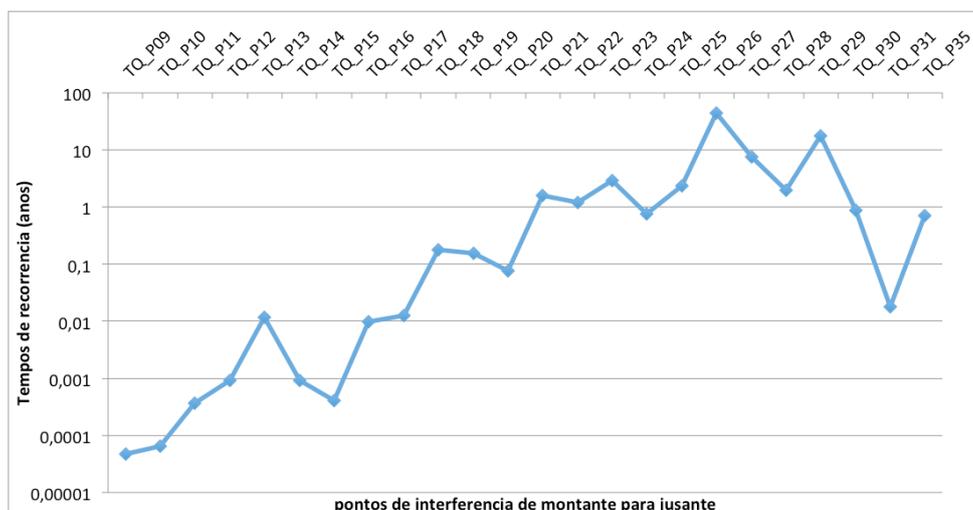


Figura 6 – Tempos de concentração utilizando a equação IDF.

Aplicando-se a metodologia de Ribeiro 2015 para as projeções dos tempos de recorrência determinados pelo método estatístico de Gumbel, a partir da série histórica da estação da

ANA/CPRM, (Tabela 3). A simplificação dos níveis de risco para três categorias se deu em função da necessidade de uniformizar os riscos com o trabalho já existente no SIPAM (CORREA, 2014).

Os tempos de recorrência para efeito dessa análise foram limitados a 1, 5 e 10 anos, sendo que chuvas mais concentradas ou de maior intensidade, estão fora do escopo desse trabalho.

Tabela 3: Tempos de retorno segundo o método estatístico de Gumbel.

Tempo de Retorno (Ano)	Intensidade (mm/h)	Riscos	Nº de bueiros
1	16,219	Alto Risco	4
5	117,2917009	Médio Risco	21
10	160,8213438	Baixo Risco	2

Fonte: Modificado de Ribeiro (2015)

De acordo com os cálculos realizados, verificou-se que dos vinte e sete bueiros analisados, mais de oitenta e cinco por cento dos pontos calculados está sendo capaz de suportar anualmente a vazão de pico, com uma precipitação limite de inundação de 16 mm/h, compreendendo em médio e baixo risco de cheia. Ao comparar os dois métodos de estimativa do tempo de recorrência das chuvas que solicitam os bueiros a plena seção, verificou-se que a classificação dos pontos de baixo risco se mantém em dois pontos com mais de 10 anos de recorrência (P37 e P40), ambos próximos do exutório. Porém, grande parte dos pontos classificados como médio risco (entre 5 e 10 anos de retorno) pelo método de Gumbel, têm seus tempos de retorno estimados entre 1 e 7 anos, aplicando-se a equação IDF proposta por Fragoso Jr, 2004.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho avaliou o risco de inundação de pontos de intervenção na bacia dos Tanques, cuja área drena o território mais densamente povoado de Porto Velho. O levantamento de campo cadastrou 27 interferências da urbanização da cidade sobre o curso principal e outros tributários. A análise dos riscos indicou que cerca de 80% dos pontos estão em risco potencial de inundação, com tempos de retorno variando de 5 a menos de 1 ano. A simulação das capacidades de cada bueiro, realizada pelo método Racional, apontou que as respectivas vazões máximas dos trechos estudados variavam de 0,98 m<sup>3</sup>/s a 141,15 m<sup>3</sup>/s. A pesquisa aponta que as prioridades de intervenção se localizam junto às cabeceiras do igarapé, na região central de Porto Velho. A classificação dos riscos, permitiu o zoneamento da área de drenagem em alto, médio e baixo risco de inundação.

O método de avaliação mostrou-se útil para identificação de prioridades para redimensionamento das passagens. Por estar localizado totalmente dentro do perímetro urbano e a cidade não ter saneamento básico, o igarapé sofre com poluição de lixo e de águas servidas sendo transformado em um receptáculo de doenças de veiculação hídrica.

## REFERÊNCIAS

CORREA, Ana Cristina Strava et al. **Desenvolvimento de metodologia para alerta de cheias e inundações na área urbana de Porto Velho (RO)**/ por Ana Cristina Strava Correa (Coordenadora). Porto Velho, Rondônia: SIPAM-CNPq, 2014

FRAGOSO JR, Carlos Ruberto, Regionalização da Vazão Máxima Instantânea com Base na Precipitação de Projeto **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos** Volume 1 n.1 Jul/Dez 2004, 5-

PDDU; **Plano Diretor de Drenagem Urbana** - Manual de Drenagem Urbana; Setembro 2005.

Acesso:

<[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu\\_doc/manual\\_de\\_drenagem\\_ultima\\_versao.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf)> dia 27/10/2016 às 22:00

RIBEIRO, Marilyse Moreira; **Estimativa da Capacidade Máxima de Vazão de Calhas na Bacia Hidrográfica do Igarapé Bate Estacas**. Porto Velho, 2015.

TUCCI, C.E.M. **Inundações Urbanas**. Ed.ABRH. Porto Alegre: 2007

TUCCI, Carlos E. M; **Hidrologia: Ciência e Aplicação**; Porto Alegre editora UFRGS/ABRH. 2009.