

# **MODELO MATEMÁTICO PARA ESTIMATIVA DE PREJUÍZOS ECONÔMICOS DOMICILIARES CAUSADOS POR INUNDAÇÕES: O CASO DO JARDIM PANTANAL<sup>1</sup>**

Francielle Aparecida Soares dos SANTOS – francielleapda@outlook.com

José Lindemberg Vidal BARBOSA – lindembergvidal@outlook.com

Matheus Dreher CICOLANI – matheusdc17@hotmail.com

Rodrigo Morales Figueiró CARMONA – rodrigomoraes96@gmail.com

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rita Cristina Cantoni PALINI (Orientadora) – ritapalini@petrobras.com.br

## **RESUMO**

Este trabalho tem por objetivo apresentar um modelo matemático capaz de valorar os prejuízos aos domicílios causados por inundações do bairro Jardim Pantanal, em São Paulo, para diferentes períodos de retorno de vazões do Rio Tietê. O local de estudo foi escolhido devido à sua alta vulnerabilidade social e ao seu histórico frequente de inundações, que se confunde com a própria história do bairro. Para tanto, foram obtidas as informações topográficas e econômicas locais, através de dados oficiais de Estado, que foram correlacionadas através de softwares de geoprocessamento e de planilhas eletrônicas. Em seguida, a série histórica de cotas foi inserida na curva cota-vazão e as vazões, pelo Método de Gumbel, extrapoladas para períodos de retorno usuais. Com as cotas médias dos setores do terreno associadas às vazões extrapoladas, foram geoprocessadas manchas de inundação atreladas ao respectivo risco hidrológico. Com os dados econômicos de cada setor do terreno, modelou-se a relação prejuízo e cota e, desta forma, foi possível chegar à probabilidade de perda dos domicílios padrões da região estudada. Para os prejuízos estimados, calculou-se o tempo necessário para a recuperação do bem-estar social anterior a um evento de perda total, desconsiderando os encargos sociais sobre a renda e os custos de subsistência; se inclusos, aumentariam o tempo de recuperação. Ainda, considerando a alta suscetibilidade do local a enchentes, estima-se que o tempo para recuperação total do prejuízo econômico é superior ao período de retorno de eventos semelhantes. Por fim, discute-se medida não estrutural simples que permite uma solução para o problema, dentre tantas outras.

Palavras-chave: Inundações. Rio Tietê. Jardim Pantanal. Prejuízos. Hidrologia. Drenagem urbana. São Miguel Paulista. Curva-chave.

---

<sup>1</sup> Artigo do Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil, EE, UPM, São Paulo, 2019.

# **MATHEMATICAL MODEL FOR FINANCIAL DOMICILIARY LOSSES ESTIMATE CAUSED BY FLOODS: THE JARDIM PANTANAL CASE**

## **ABSTRACT**

The purpose of this Paper is to present a mathematical model capable of evaluating financial losses caused by flooding in households located in Jardim Pantanal, São Paulo, for different flow return periods of the Tietê River. The chosen area was determined by its high social vulnerability and history of catastrophic flooding, which is determinant to the neighborhood's own history. Topographical and local Economic data, from Official São Paulo State's statistics sources, were gathered and correlated through geoprocessing software and electronic spreadsheets. Water Levels time-series were modeled to a Level-Flow curve and the Flows, and Gumbel Method was used to extrapolate different flows to determined return periods. Average elevations of the census' sectors were associated to the estimated flows, generating flooding areas maps corresponding to their hydrological risk respectively. Census' sector economic data was set to model the correlation between losses and water levels, harnessing the probability of household losses of standard domiciles of the studied area. For the estimated losses, the time frame necessary for the previous social welfare recovery was calculated before the next flooding event, excluding social charges and subsistence costs; if included, recovery time increases. In addition, its high flooding susceptibility makes the previous social welfare recovery time of the studied area larger than similar return period events. Finally, we discuss a simple non-structural measure that allows a solution to the problem, among many others

Key-words: Flooding. Jardim Pantanal. Loss. Hydrology. Urban Drainage. São Miguel Paulista. Key-Curve.

## **1 INTRODUÇÃO**

No extremo leste da cidade de São Paulo, às margens do Rio Tietê, está localizado o bairro do Jardim Pantanal. Figura constante nos noticiários, o bairro é conhecido pela frequência com que inunda, ano após ano, deixando aproximadamente 38 mil pessoas ora ilhadas, ora desabrigadas. O bairro faz parte da Área de Preservação Ambiental da Várzea do Rio Tietê (APA Tietê). Esta Unidade de Conservação (UC), instituída através da Lei Estadual nº 5.598/1987, abrange diversos municípios do estado de São Paulo e tem por objetivo conciliar a preservação ambiental e o desenvolvimento econômico das regiões (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2013).

Segundo o Censo de 2010 da Fundação SEADE, o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) do Jardim Pantanal é de grau 6, o mais alto dentre os urbanos. Neste grau, uma a cada três pessoas economicamente ativas tem renda inferior a meio salário mínimo. Este dado é reflexo da

ocupação do Jardim Pantanal, iniciada nos anos 90, quando as áreas ocupáveis de São Miguel já estavam consolidadas (SIMÃO JR; GIUDICE, 1999).

Segundo a Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE, 2019) inundação pode ser entendida como “submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície”. As inundações ocorrentes nas estações de chuva são características das várzeas do Rio Tietê no município de São Paulo, que por inexistência de ocupação humana, não geravam impactos negativos. À medida que começou a ocupação, as modificações antrópicas ao curso natural do Rio e ao terreno da várzea, intensificaram-se estes eventos, tornando-os danosos às comunidades locais (ZANIRATO, 2011).

O primeiro registro formal de enchentes no Jardim Pantanal data de novembro de 1994, de acordo com reportagem de Schivartche (1997) ao jornal A Folha de São Paulo. Entre o final do ano de 2009 e o início de 2010, as chuvas de verão voltaram a castigar a região, desta vez tendo deixado a área inundada por três meses (UCHINAKA, 2010).

Devido à frequência destes eventos e o impacto na vida da população local, este trabalho visa estudar e estimar as perdas econômicas causadas por inundações geradas pelo aumento repentino do nível d’água do Rio Tietê, através de um modelo matemático baseado nas variáveis geográficas, socioeconômicas, ambientais e hidrológicas locais. Mais especificamente: fazer o levantamento de dados fluviométricos, topográficos, hídricos e ambientais, socioeconômicos e de órgãos públicos diversos relacionados a região; estabelecer parâmetros quantitativos relacionados as perdas patrimoniais dos moradores afetados; inserir estimativas censitárias de uma região em um software de geoprocessamento, para o estudo de caso em questão, e combinar informações para obtenção de dados inéditos; elaborar um modelo matemático que possibilite o levantamento de prejuízos causados por enchentes utilizando as variáveis estudadas; organizar dados finais para a elaboração de uma conclusão para o estudo de caso.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS (MÉTODO, METODOLOGIA)**

### **2.1 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL**

A caracterização ambiental do Jardim Pantanal foi realizada com o levantamento das seguintes informações:

- a) Determinação dos limites da área de estudo;
- b) Locação das curvas de nível mestras ( $\Delta h = 5$  m) e intermediárias ( $\Delta h = 1$  m);
- c) Definição da cota superior do leito do Rio Tietê (727 metros);
- d) Determinação dos cursos d’água naturais principais, secundários e canais de drenagem.

Os mapas com os dados listados foram obtidos a partir do Portal GeoSampa, elaborado pelo Município de São Paulo, em formato *shapefile* e importados para o Sistema de Informações Geográficas *QuantumGIS* (QGIS) 3.4.5-Madeira.

Cerca de 70% da área estudada está inserida na bacia hidrográfica do córrego São Martinho, sendo a restante dividida em bacia hidrográfica do Ribeirão Lageado e duas áreas de contribuição direta de escoamento difuso.

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DO JARDIM PANTANAL

A bacia hidrográfica cujo exutório é no Jardim Pantanal tem 1590 km<sup>2</sup> (ONO, 2007) – e está dentro da bacia do Alto Tietê, que tem 5.868 km<sup>2</sup> – ultrapassando os limites dos métodos de construção de hidrogramas, equações de tempo de concentração e contendo 5 postos pluviométricos com equações de chuvas, em regiões ao longo da bacia. Assim, a simulação deve ser feita através de um modelo hidrodinâmico complexo. Como a simulação não é o objetivo final do trabalho e devido à escassez de dados disponíveis, propôs-se utilizar métodos estatísticos e formulações obtidas de regressões numéricas para descrever o comportamento hidráulico-hidrológico do Rio Tietê na região.

A recorrência dos eventos de inundação foi obtida através da distribuição de Gumbel. A função de probabilidades acumuladas de Gumbel é dada pela Equação 01.

$$F_X(x) = P\{X < x\} = e^{-y_{Tr}} \quad (01)$$

Em que  $x$  é a vazão e  $y_{Tr}$  a variável reduzida de Gumbel, descrita pela Equação 02.

$$y = \frac{x - \beta}{\alpha} \quad (02)$$

Os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  são responsáveis por ajustar a assimetria da distribuição e correspondem, respectivamente, a escala e a posição. São representados pelas Equações 03 e 04. Nas equações,  $\bar{Q}$  é a média da amostra e  $\sigma_Q$  é o desvio padrão.

$$\alpha = \bar{Q} - 0,5772\beta = \bar{Q} - 0,45\sigma_Q \quad (03)$$

$$\beta = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sigma_Q \quad (04)$$

A variável reduzida ( $y_{Tr}$ ), dependente apenas do período de retorno ( $T_r$ ), é dada pela Equação 05.

$$y_{Tr} = -\ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_r} \right) \right] \quad (05)$$

Com a variável reduzida  $y_{Tr}$ , calcula-se o fator de frequência ( $K_{Tr}$ ) associado ao modelo probabilístico e ao período de retorno (Equação 06).

$$K_{Tr} = 0,7797y_{Tr} - 0,45 \quad (06)$$

O fator de frequência usado neste trabalho foi o proposto por Subramanya (2008, apud TOMAZ, 2011), denominado fator de frequência corrigido e calculado conforme Equação 07.

$$K_T = \frac{y_{Tr} - y_n}{\sigma_n} \quad (07)$$

A variável  $y_n$  é a média dos valores de  $y_{Tr}$  (Equação 05) calculados para os períodos de retorno das vazões ordenadas de forma crescente e com números ordem  $m$  através da Equação 08 e  $\sigma_n$  é o desvio padrão da amostra desses mesmos valores, sendo  $n$  o a quantidade de valores da amostra. A probabilidade acumulada é calculada pelo inverso da mesma equação para cada vazão da amostra.

$$y_n = \frac{n + 1}{m} \quad (08)$$

Assim, pode-se calcular a vazão ( $Q$ ) para cada  $T_r$ , conforme a Equação 09, utilizando a média das vazões ( $\bar{Q}$ ) e o desvio padrão ( $\sigma_Q$ ).

$$Q = \bar{Q} + K_{Tr} \sigma_Q \quad (09)$$

O risco percentual ( $R$ ) associado à excedência de qualquer vazão para um determinado período de retorno em  $n$  anos é dado pela Equação 10.

$$R = 100 \left[ 1 - \left( 1 - \frac{1}{T_r} \right)^n \right] \quad (10)$$

A cada vazão pode ser associada uma cota na calha do rio. Geralmente, utiliza-se curvas cota ( $h$ ) versus vazão ( $Q$ ), chamadas curvas cota-vazão, desenvolvidas a partir de regressões numéricas de dados discretos obtidos em campo. Um exemplo de função muito utilizada para esta finalidade é a potencial, que depende de parâmetros  $a$  e  $b$  a serem encontrados na regressão (Equação 11). É importante ressaltar que as regressões numéricas fornecem os parâmetros apenas para unidades pré-estabelecidas. A cota mínima (ou fundo do rio) é representada na equação por  $h_{mín}$ .

$$Q = a(h - h_{mín})^b \quad (11)$$

## 2.3 CARACTERIZAÇÃO FINANCEIRA DO JARDIM PANTANAL

A metodologia pressupõe a atribuição de valores financeiros às quadras do Jardim Pantanal para estimar o prejuízo das inundações. Para tanto, foram utilizados dados do IBGE, Sindicato dos Trabalhadores da Construção Civil de São Paulo (SINDUSCON/SP), GeoSampa e Secretária da Fazenda de São Paulo em duas etapas: a formação da tabela de variáveis econômicas (precificação do mobiliário e da edificação) e a atribuição desta tabela às divisões geográficas estabelecidas, que corresponde à valoração do espaço conforme as classes sociais.

### 2.3.1 Caracterização socioeconômica do território

Para caracterização socioeconômica do Jardim Pantanal, foram extraídas do IBGE as variáveis censitárias de quantidade de domicílios particulares ( $ND$ ) e renda média total mensal do setor censitário ( $RDT$ ).

Com estas variáveis, tornou-se possível calcular a renda média domiciliar de cada setor censitário ( $RDM_i$ ) do Jardim Pantanal, conforme demonstrado pela Equação 12.

$$RDM_i = \frac{RDT_i}{ND_i} \quad (12)$$

Como o recenseamento mais atualizado foi feito em 2010, utilizou-se o salário mínimo vigente à época (R\$ 510,00, segundo a Lei nº 12.255/ 2010) para transformar a renda média em número de salários mínimos por setor censitário ( $RDMC_i$ ), usando a Equação 13.

$$RDMC_i = \frac{RDM_i}{R\$ 510,00} \quad (13)$$

### 2.3.2 Valoração dos Bens Econômicos das Classes Sociais

O levantamento do mobiliário e de seu respectivo preço foi definido a partir de tabela adaptada de Cançado (2009) de acordo com a classe social. O mobiliário de cada tipo de residência padrão para cada classe social foi adaptado, bem como a quantidade presente em cada ambiente. O preço também foi atualizado através das médias fornecidas pela Bolsa Eletrônica de Compras do Estado de São Paulo. A Equação 14 sintetiza a obtenção do preço total dos bens em um domicílio devido à sua classe social.

$$PT_i = \sum_{j=1}^m (NB_j \times PB_j) \quad (14)$$

Em que,  $PT_i$  é o preço total do mobiliário de um domicílio devido à sua classe social no setor censitário  $i$  [R\$],  $NB_j$  é a quantidade de bens  $j$  em um domicílio devido à sua classe social [adm] e  $PB_j$  é o preço unitário médio do bem  $j$  [R\$].

Para estimar os prejuízos decorrentes de danos às construções, utilizou-se o valor sem desoneração da área construída em cada setor censitário, obtido através do banco de dados do SINDUSCON/SP. O Custo Unitário Básico da Construção (CUB) apresenta uma estimativa de preço médio de construção por unidade de área de diversas categorias estabelecidas para os padrões alto, normal, baixo e popular. Neste trabalho foi abordada a categoria R-1 (residência unifamiliar com apenas um pavimento) e RP1-Q (residência unifamiliar térrea de padrão popular), com a compatibilização dos padrões e classes sociais realizadas conforme a Tabela 01. As áreas construídas consideradas, fornecidas pela NBR 12721/2004 e adaptadas às classes do IBGE, também são apresentadas também na Tabela 01.

Tabela 01 – Relação entre renda familiar, áreas médias e CUB, conforme as classes sociais do IBGE.

Classe IBGE	Renda familiar, em salários mínimos	Projetos Padrão (ABNT 12721)	Área de projeto-padrão (m <sup>2</sup> )
A	A partir de 20	R1-A (padrão alto)	224,82

B	De 10 a 20	R1-A (padrão alto)	224,82
C	De 4 a 10	R1-N (padrão normal)	106,44
D	De 2 a 4	R1-B (padrão baixo)	58,64
E	Até 2	RP1-Q (padrão popular)	39,56

Fontes: elaborada a partir de dados de IBGE (2010), SINDUSCON/SP (2019, p. 1) e NBR 12721 (2004, p. 13).

## 2.4 PREJUÍZOS DECORRENTES DAS INUNDAÇÕES

O levantamento do prejuízo de conteúdo dos domicílios foi realizado conforme método utilizado por Cançado (2009), em que se utiliza a Equação 15 para estimar o dano médio causado para cada classe social, que considera fatores de susceptibilidade para cada nível d'água, o valor do bem e uma taxa de depreciação (a mesma taxa de 50% utilizada pela autora).

$$DDM_i = PT_i \times fd \times IS_{i,d} \times ND_i \quad (15)$$

Sendo:  $DDM_i$  = Dano total do mobiliário no setor censitário  $i$  [R\$];  $PT_i$  = Preço total do mobiliário de um domicílio devido à sua classe social no setor censitário  $i$  [R\$];  $fd$  = Fator de depreciação em condições normais dos bens médio [adm];  $IS_{i,d}$  = Índice de susceptibilidade médio dos bens no setor censitário  $i$ , devido a uma profundidade  $d$  [adm].

O fator de prejuízo depende da profundidade de submersão à qual a quadra está submetida. Cançado (2009) utilizou uma metodologia de avaliação dos impactos das inundações que contém índices de danos causados proporcionalmente ao nível de submersão dos objetos de estudo. Neste estudo, são utilizados os índices de dano médio ao conteúdo dos domicílios (Tabela 02) para avaliar os prejuízos decorrentes da perda de mobiliário.

Tabela 02 – Índice de susceptibilidade média do conteúdo do domicílio por faixa de nível d'água.

Profundidade (em m)	Índice
0,35 a 0,45	0,05
0,45 a 0,55	0,21
0,55 a 0,85	0,41
0,85 a 1,15	0,81
1,15 a 1,45	0,94
1,45 a 1,75	0,95
1,75 a 2,05	0,97
Mais de 2,05	1,00

Fonte: CANÇADO (2009, p. 247).

Os prejuízos gerados por danos à construção de cada domicílio foram calculados através da equação do prejuízo agregado (Equação 16), uma simplificação que adota um crescimento linear do dano proporcional ao nível d'água da inundação dentro de intervalos válidos. James e Lee (1971,

apud CANHOLI, 2005) ressaltam que a equação vale somente para inundações com lâminas de água pouco profundas.

$$DDC_i = K_d \times CUB \times d \times ACM \times ND_i \quad (16)$$

Em que  $DDC_i$  é a valoração de danos diretos totais de construção no setor censitário  $i$  [R\$];  $K_d$  é o coeficiente médio de ponderação obtido em eventos históricos [ $m^{-1}$ ];  $CUB$  é o custo unitário de construção por tipo pré definido [R\$/ $m^2$ ];  $d$  é a altura da lâmina d'água no setor censitário durante o evento de inundação avaliado [m];  $ACM$  é a área construída média dos domicílios no setor censitário [ $m^2$ ].

Segundo Tucci (1993, apud CANHOLI, 2005), Homan e Waybur estimaram o valor médio do coeficiente  $K_d$  de 0,17 para enchentes com  $d < 1,5$  m. Posteriormente, James propôs o valor de 0,14 para  $d > 1,5$  m (1965, apud CANHOLI, 2005).

Ainda em 1965, Kates, propôs que os danos indiretos podem ser estimados como uma porcentagem dos danos diretos ( $FDI_{ocup}$ ). No caso de prejuízos domiciliares, considera-se um acréscimo de 15% para os danos indiretos (JAMES E LEE, 1971 apud CANHOLI, 2005)

O prejuízo total ( $DT_h$ ) é o somatório dos prejuízos das unidades, a cada quadra dentro da mancha de inundação somado à porcentagem de danos indiretos, apresentado pela Equação 17.

$$DT_h = \sum_{i=1}^m (DDM_i + DDC_i) \times (1 + FDI_{ocup}) \quad (17)$$

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Modelos são representações que utilizam parâmetros de entrada para fornecer respostas e auxiliar o entendimento dos fenômenos físicos de um sistema através de métodos matemáticos. Em modelos hidráulicos-hidrológicos os parâmetros de entrada são relacionados a precipitações, infiltração, evapotranspiração e escoamento superficial, e as respostas são, por exemplo, hidrogramas, vazões máximas e mínimas e transporte de sedimentos.

Os parâmetros de entrada podem ser obtidos através de ensaios em área experimental, em laboratórios ou conforme características geométricas dos elementos. Na impossibilidade de obtenção deste tipo de dados, pode-se utilizar com cautela dados obtidos na literatura e em outros trabalhos na bacia estudada ou outra semelhante (SANTOS, 2009).

Além da literatura e de outros trabalhos na bacia estudada ou em outras semelhantes já efetuados, pode-se obter os dados em instituições e órgãos públicos que realizam o levantamento destes. Neste estudo, adotou-se dados tanto da literatura quanto de instituições e órgãos públicos.

Em hidrologia, associa-se os eventos extremos – utilizados para o dimensionamento de obras de engenharia e avaliar a recorrência de eventos – a períodos de retorno ( $Tr$ ), que segundo Tomaz (2011), é “o período de tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado



pelo menos uma vez” na amostra analisada. Deste modo, dizer que um período de retorno de um evento é 100 anos não significa dizer que ele ocorrerá com certeza dentro do intervalo de tempo de 100 anos, mas que a cada ano há 1% de probabilidade de o evento ocorrer.

Em 1928, Fisher-Tippett (apud TOMAZ, 2011) sugeriram que a distribuição dos valores extremos de várias amostras é independente da distribuição original das amostras e se comporta como função limite. Segundo Gumbel (1958), distribuições assim seriam adequadas para analisar frequência de vazões máximas desde que tais vazões fossem os valores máximos anuais (WATANABE, 2013). Segundo Tomaz (2011), a distribuição de Gumbel é frequentemente usada no Brasil, justificando o seu uso na metodologia proposta neste estudo.

Segundo Watanabe (2013), as vazões máximas diárias de cada ano não podem ser descritas por uma distribuição normal de Gauss, pois não são vazões aleatórias. Entretanto, os logaritmos destas vazões se adequam bem a este tipo de distribuição. Modelos baseados no princípio de transformação logarítmica da distribuição Normal se denominam Log-Normal.

A distribuição Log-Pearson Tipo III foi proposta pelo estatístico inglês Karl Pearson um sistema de oito grandes famílias de distribuições que incluem a Normal, a Beta e Gama, sendo esta última a família ao qual a distribuição Log-Pearson pertence (PORTER, 2010 apud WATANABE, 2013).

A estimativa de prejuízos decorrentes de inundações é de difícil quantificação e é objeto de estudo de diversos autores. Os prejuízos podem ser classificados como diretos ou indiretos, sendo os diretos devidos ao contato direto da água com os bens e os indiretos – de mais difícil contabilização – relativos a custos de oportunidades gerados pelos danos diretos (tais como inacessibilidade de vias, escassez de produtos, paralização de serviços etc.).

Segundo Canholi (2005), um método de estimar os prejuízos é a curva *h versus* prejuízo (curva DPS), cujos fatores para a construção:

- a) Nível d’água, observado a partir do levantamento planialtimétrico e da simulação do escoamento durante a inundação;
- b) Avaliação de bens móveis, imóveis e equipamentos atingíveis, em que se considera o dano causado pela submersão do bem (altura do nível d’água) e o seu custo;
- c) Despesas oriundas de tráfego, causadas por interrupções dos acessos no local;
- d) Despesas de limpeza e desinfecção da área após o evento.

Cançado (2009) observa que a curva DPS não é linear e pode ser obtida partir da síntese de dados de eventos já ocorridos ou, de forma sintética, por meio da “opinião de especialistas, em ensaios de laboratórios, em dados secundários e até mesmo na experiência acumulada de eventos passados”. Abordou-se esta metodologia para mensurar prejuízos referentes a mobiliário.

Outro método para obtenção de prejuízos é a equação do prejuízo agregado, usada neste trabalho para estimar prejuízos relacionados à construção. O método é uma simplificação que adota um crescimento linear do dano proporcional ao nível d'água da inundação dentro de intervalos válidos. James e Lee (1971, apud CANHOLI, 2005) ressaltam que a equação vale somente para inundações com lâminas de água pouco profundas.

Em outros estudos a respeito de prejuízos em inundações, os apontamentos de Miranda (2015) indicam uma relação direta entre suscetibilidade à inundação e densa ocupação nas margens de rio, e de uma forma um pouco mais aprofundada, Pinto (2016) classifica a suscetibilidade de áreas de inundação. Ao passo que Franco e Santo (2015) fazem uso da morfometria para estabelecer uma comparação matemática entre bacias, Bith et al. (2008) sugere a elaboração de um modelo matemático para prever a ocorrência de enchentes.

Já Mendonça et al. (2012) conseguiram, por sensoriamento remoto, identificar e quantificar áreas atingidas por inundações, e concluíram que pelas manchas geradas, pode-se fazer um estudo de impacto socioeconômico bem como avaliar soluções para mitigação do problema.

Este estudo é atrelado aos de Coutinho (2015) e Decina e Brandão (2016), onde o primeiro utiliza dois modelos hidráulicos para gerar as manchas, e o segundo, através da modelagem hidráulica decidir medidas estruturais e não-estruturais de contenção. Decina (2012), utilizou softwares de geoprocessamento e sugeriu analisar, pelas manchas de inundação, medidas de controle de inundação, e de forma complementar, Côrtes (2009) desenvolveu uma sistemática para o controle de enchentes urbanas.

Murara (2016), no Município de Rio do Sul – SC, mostrou que é possível prever os prejuízos econômicos causados por enchentes causadas por chuvas, assim como Ribeiro et al. (2014) fizeram, comparando-as com de outras cidades pelo mundo em condições semelhantes, equacionando o comportamento quantitativo da economia diante as inundações e deduzindo o qualitativo.

A pesquisa de Tachini et al. (2009) correlacionou períodos de retorno de chuvas e seus dados em reais, escolhendo chuvas históricas para o estudo de seus níveis, consultando em mapas altimétricos e de cotas as enchentes da cidade, aplicando um questionário à população vítima dos desastres visando o levantamento de dados e métodos estatísticos, verificando a relação período de retorno das chuvas, vulnerabilidade e impacto por unidade de área.

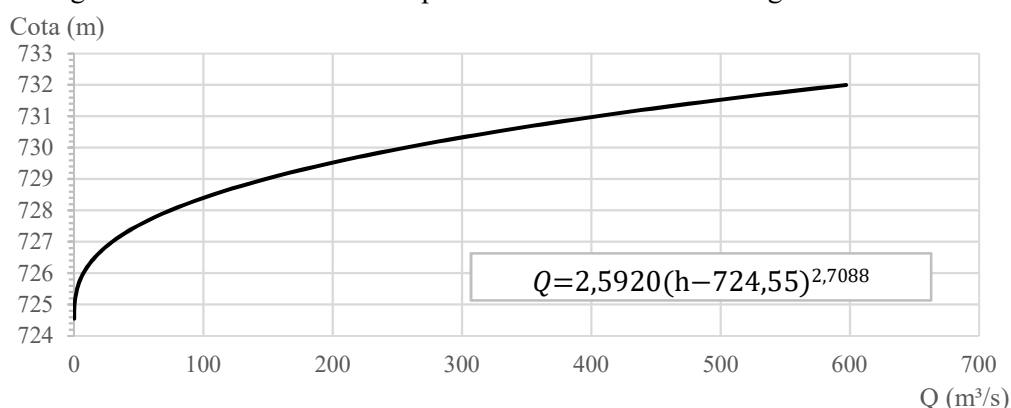
#### **4 RESULTADOS**

A terceira versão do Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tiête (PDMAT 3) utilizou dados do posto fluviométrico de São Miguel Paulista (46°23'9,07''; 23°28'45,93'') para desenvolver uma curva cota *versus* vazão que descreve o comportamento hidráulico da calha do rio no local (Gráfico 1). Apesar de a limitação da curva acontecer na cota 730,8 m, extrapolou-se o limite devido

à falta de dados mais acurados que permitissem o entendimento hidráulico do Rio Tietê no bairro Jardim Pantanal. A maior cota atingida no estudo foi 732,4 m, que acontece devido à vazão de período de retorno igual a 1000 anos. Entretanto, para as análises descritas neste trabalho, a análise ficou limitada a  $T_r$  de 150 anos, pois a partir deste período de retorno os valores das vazões, cotas e prejuízos têm o crescimento reduzido e são menos prováveis de ocorrer.

Dados de níveis d'água do rio no local de estudo no período de 24/11/2011 até 15/04/2019 foram fornecidos pelo SAISP (posto 168). Após encontrar os níveis máximos de cada mês, transformou-se tais dados em vazões usando a curva cota x vazão (cuja função está descrita na Figura 01) e selecionou-se as maiores vazões de cada ano.

Figura 01 – Curva vazão x cota para o fluviômetro de São Miguel Paulista.

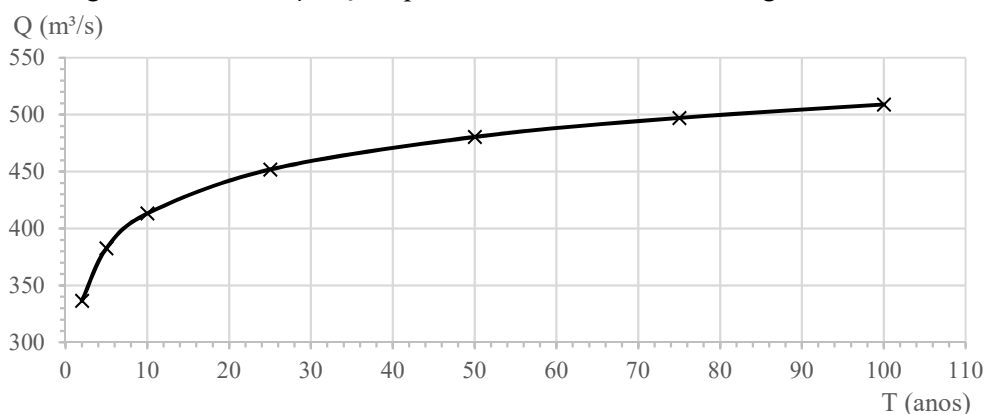


Fonte: adaptado de PDMAT 3 (2011, p. 8)

Para a organização dos dados considerou-se o ano hidrológico, visto que este caracteriza os regimes de chuvas e cheias de uma região, evidenciando os períodos de cheia e de seca. Os anos hidrológicos de outubro de 2011 a setembro de 2012 e outubro de 2018 a setembro de 2019 foram considerados, mesmo faltando dados em alguns meses, pois as maiores cheias ocorrem entre janeiro e abril. O período de dados compreendeu 8 anos hidrológicos.

Então, aplicou-se Distribuição de Gumbel para associar as vazões a períodos de retorno e obteve-se a curva vazão ( $Q$ ) x período de retorno ( $T_r$ ), apresentada na Figura 2. É importante notar que distorção da amostra (*skewness*) resultou em 0,82, indicando uma curva de vazões assimétrica e com mais dados à esquerda, comprovado pelo resultado positivo, típica de amostras de eventos máximos de vazões.

Figura 02 – Curva  $T_r \times Q$  do posto fluviométrico de São Miguel Paulista.



Fonte: os autores (2019)

A vazão média das máximas do rio, 353,57 m³/s, atinge a cota 730,7 m, que é responsável pela inundação de 26 dos 62 setores censitários e a menor vazão da amostra, 305,41 m³/s, de cota é 730,4 m, inunda 23 setores. Para a inundação máxima, cujos período de retorno e vazão são 1000 anos e 688,4 m³/s, encontrou-se 47 setores. Assim, percebe-se que anualmente o bairro é inundado. A Tabela 03 resume os resultados obtidos na distribuição de Gumbel.

Para a análise econômica, foram levantados dados financeiros relativos ao mobiliário e ao preço da construção por classe social. Construiu-se tabela que descrevia a quantidade de mobiliários para cada classe e o seu preço médio, obtido na Bolsa Eletrônica de Compras do Estado de São Paulo (BEC). A diferenciação entre classes sociais foi dada pela quantidade de itens, e não pelo preço de cada um deles. Foi utilizado um fator de 50% sobre o preço do mobiliário a ser utilizado nos cálculos, a fim de ajustar a um valor compatível com o mercado de móveis usados.

O preço de construção foi obtido através do CUB, fornecido pelo SINDUSCON/SP, referente ao mês de abril/2019. Associando os valores do CUB às áreas de cada tipo de moradia adotadas na NBR 12721 e compatibilizada com as classes sociais (conforme critério da Tabela 04), foi possível estipular um preço médio de construção para os domicílio de cada classe social.

Tabela 03 – Vazões e cotas máximas por período de retorno para o Jardim Pantanal.

<b>Tr (anos)</b>	<b>Q (m³/s)</b>	<b>Cotas (m)</b>	<b>Risco em 1 ano (%)</b>
2	347,4	730,7	50,0%
5	406,5	731,0	20,0%
10	445,6	731,2	10,0%
25	495,0	731,5	4,0%
50	531,7	731,7	2,0%
75	553,0	731,8	1,3%
100	568,1	731,9	1,0%
150	589,3	732,0	0,7%

Fonte: os autores (2019).

Os setores censitários, suas respectivas quantidades de domicílios, cotas médias e rendas totais, foram obtidos através do Censo Demográfico, realizado pelo IBGE em 2010, e do GeoSampa. Os valores de rendas totais foram fornecidos em salários mínimos, logo multiplicou-se pelo valor do salário mínimo vigente (R\$998,00) para obter-se o dado em valores monetários. No Jardim Pantanal, há somente setores censitários com classes sociais D e E. Isso é explicado pela desvalorização imobiliária da região por ser um local sujeito a inundações frequentes, que tornam os loteamentos mais acessíveis às classes sociais mais vulneráveis.

Tabela 04 – Custos total do mobiliário de um domicílio e unitário básico, por classe social.

<b>Classe</b>	<b>Custo do mobiliário</b>	<b>CUB</b>
A	R\$ 31.004,46	R\$ 1.887,53
B	R\$ 21.939,04	R\$ 1.887,53
C	R\$ 17.120,87	R\$ 1.564,28
D	R\$ 9.069,67	R\$ 1.274,08
E	R\$ 8.850,92	R\$ 1.379,65

Fonte: elaborada a partir de dados da BEC (2019) e do SINDUSCON/SP (2019, p. 1)

Aplicando-se os dados hidráulicos-hidrológicos e econômicos na curva DPS para o mobiliário e na equação de prejuízo agregado para as construções, obtém-se os resultados de prejuízos econômicos para cada período de retorno.

Os danos indiretos foram estimados em 15% do total de prejuízos decorrentes de mobiliário e construção, conforme recomendado por Kates.

A Tabela 05 apresenta a média de tempo necessário para retorno ao nível de bem-estar inicial em casos de prejuízo total para um domicílio por classe social, adotando que toda a renda domiciliar seja utilizada para restituir o prejuízo. Demonstra-se a grande necessidade de políticas públicas para mitigação das enchentes e seus efeitos, pois, além de as enchentes serem recorrentes, os prejuízos decorrentes delas impactam durante um longo período.

Tabela 05 – Tempo de recuperação do bem estar social, por domicílio e classe social.

<b>Classe</b>	<b>Renda média</b>	<b>Prejuízo total</b>	<b>Anos</b>
D	R\$ 1.370,92	R\$ 98.211,26	5,97
E	R\$ 842,69	R\$ 72.951,93	7,21

Fonte: Os autores (2019)

A tabela 06 resume os resultados obtidos, apresentando para cada período de retorno avaliado a quantidade de domicílios atingidos, os danos totais e os danos médios por domicílio.

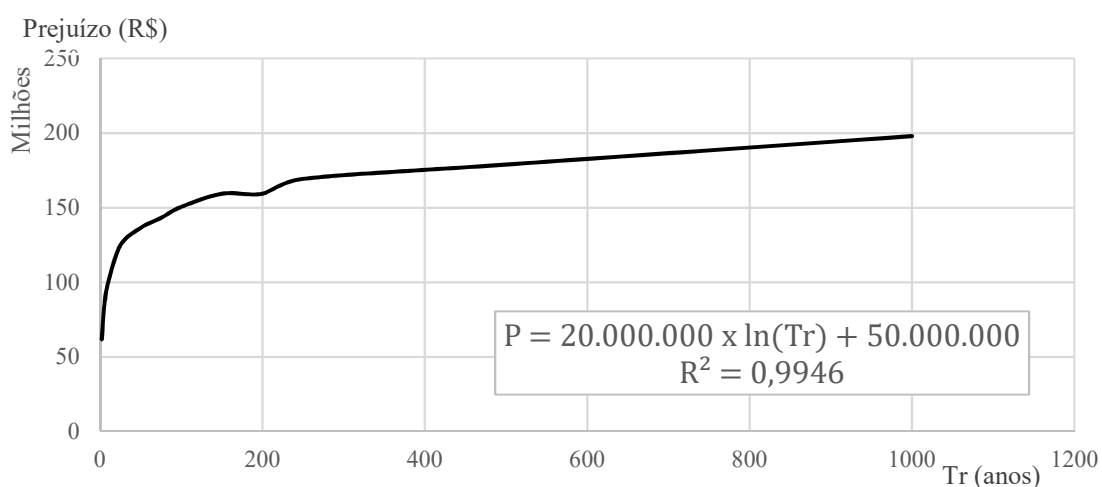
Na Figura 03, cuja equação foi obtida através de uma regressão logarítmica calculada pelo *software* de planilhas eletrônicas Excel a partir dos dados da Tabela 06, apresenta-se o período de retorno ( $T_r$ ) versus prejuízo ( $P$ ). A acurácia do modelo é avaliada pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ): quanto mais próximo a 1 (um), melhor é o ajuste da função em relação à amostra. Neste caso, o coeficiente de determinação é de 0,9946.

Tabela 06 – Quantidade de domicílios nas quadras atingidas, danos totais e danos médios por Tr.

Período de retorno	Domicílios atingidos	Danos totais	Dano médio por domicílio
2 anos	4.177	R\$ 62.678.048,60	R\$ 15.005,52
5 anos	5.235	R\$ 85.631.016,86	R\$ 16.357,41
10 anos	5.626	R\$ 102.045.149,70	R\$ 18.138,14
25 anos	5.849	R\$ 127.307.709,94	R\$ 21.765,72
50 anos	6.083	R\$ 139.236.401,48	R\$ 22.889,43
75 anos	6.260	R\$ 146.128.546,41	R\$ 23.343,22
100 anos	6.865	R\$ 153.774.446,73	R\$ 22.399,77
150 anos	7..500	R\$ 162.635.652,03	R\$ 21.684,75

Fonte: os autores (2019)

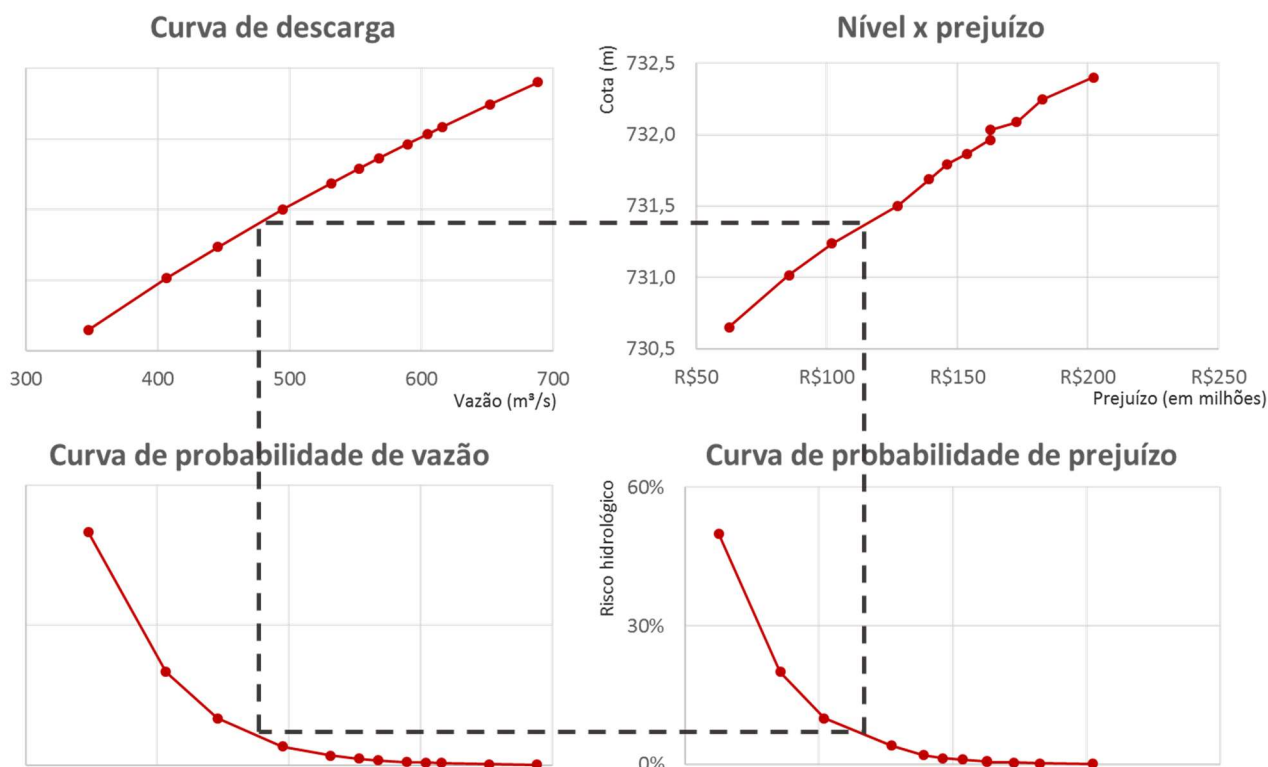
Figura 03 – Curva  $T_r$  x  $P$ , do bairro de São Miguel Paulista.



Fonte: os autores (2019)

Com todos estes dados hidrológicos, traçou-se as curvas de Nível x Prejuízo, de Descarga ( $Q$  x  $h$ ), de Probabilidade de Vazão e, por fim, de Probabilidade de Prejuízo. Desta forma, é possível chegar a prejuízos para quaisquer vazões, cotas ou períodos de retorno desejados, desde que contidos nos intervalos dos gráficos, como ilustrado na Figura 04.

Figura 04 – Curvas dos dados hidrológicos



Fonte: os autores (2019).

Conforme apresentado na introdução, devido à recorrência das inundações, dois fenômenos ocorrem corriqueiramente na dinâmica social do Jardim Pantanal: a adaptação na estrutura e no mobiliário atingidos, ora os comprados – ainda que não em sua totalidade, devido à insuficiência de renda para reposição dos bens danificados –, ora os recebendo de doação de terceiros, e a troca da população, por moradores que chegam à região com um novo mobiliário e constroem novas habitações.

Partindo deste suposto, podemos fazer um exercício sob o posto de vista econômico de custo de oportunidade, tratando não da moeda física com lastro que circula na economia local, mas sim do valor agregado aos bens, independentemente da sua origem. Levanta-se a hipótese da viabilidade do financiamento popular de habitações populares, resolvendo os problemas causados pelas inundações – não somente da ordem financeira, mas também o impacto nas saúdes biológica, psicológica e social destas pessoas –, recuperando uma área verde importante para o Rio Tietê e possibilitando a ascensão econômica desta população.

Dispondo das cotas máximas ocorridas de 2011 a 2018, interpola-se estes valores na curva nível x prejuízo desenhada anteriormente e obtém-se o somatório de perdas acumuladas no período, equivalente a R\$ 498.558.632,96. Considerando a área de Residência Multifamiliar de um Projeto de

Interesse Social, segundo a Norma de Avaliação de Custos de Construção (991,45 m<sup>2</sup>), e valorando-o pelo CUB de abril de 2019 para residência multifamiliar de padrão popular (R\$ 1.503,55/m<sup>2</sup>), obtém-se o valor de R\$ 1.409.694,65 por unidade predial, com 20 unidades unifamiliares cada.

Desta forma, com as perdas acumuladas seria possível construir 334 unidades prediais, totalizando 6.680 domicílios. Dos eventos históricos dos quais se tem dados, a maior cota está associada a  $T_r = 9$  anos, que atinge 5.626 domicílios. Estes domicílios poderiam ser priorizados em uma política de realocação e, ainda assim, o número de unidades seria 18% superior à quantidade necessária.

O cenário é hipotético, simplista e leva em consideração o potencial de desenvolvimento econômico e social do dinheiro redirecionado para reparar os danos das inundações. No entanto, com perdas equivalentes ao histórico de apenas oito anos é possível chegar ao equivalente ao custo de construção de 89% dos 7.500 domicílios atingidos em eventos extremos. Seguindo esta tendência, o tempo necessário para obter-se um prejuízo equivalente à construção dos 7.500 domicílios ou, até mesmo, dos 10.466 domicílios existentes e consequente resolução definitiva dos incidentes com inundações no Jardim Pantanal pode ser inferior ao próprio tempo de financiamento das unidades.

## 5 DISCUSSÃO

A presente pesquisa possibilitou estimar os danos econômicos causados à população do Jardim Pantanal em decorrência de inundações, através de uma curva período de retorno-prejuízo modelada a partir de dados topográficos, hidrológicos e socioeconômicos do bairro.

Na revisão bibliográfica, foram verificados exemplos robustos de simulação hidrológica para obtenção desta curva, com diferentes premissas entre si; no entanto, todos os casos se referem a regiões geográficas maiores do que o bairro do Jardim Pantanal, o que diminui a acurácia e, por conseguinte, aumenta o erro associado aos dados médios. Desta forma, desenvolver uma nova metodologia em espaço com controle de variação das variáveis mostrou-se uma lacuna a ser explorada. Para tanto, foi escolhido o bairro do Jardim Pantanal, figura constante nos noticiários devido às inundações.

Por se tratar de um local íngreme em áreas não habitadas e planejado em áreas habitadas, ao comparar com as cotas do Rio Tietê com as cotas do terreno, os mapas de inundação em muito se assemelham para a maior parte dos períodos de retorno. Pode-se aplicar metodologia similar em locais mais íngremes do que o Jardim Pantanal ou, ainda, é possível discretizar cada os setores censitários atribuindo não mais uma cota média a todo o setor censitário, mas sim uma cota média a regiões do setor censitário compreendidas entre duas cotas de nível, ou até mesmo para os domicílios do setor para obter resultados mais acurados.



Com os dados de cotas máximas anuais do posto fluviométrico do Jardim Helena, disponibilizados pelo SAISP, e curva vazão *versus* cota de São Miguel, disponível no PDMAT 3, obteve-se vazões históricas do Rio Tietê nas proximidades do Jardim Pantanal. Por ser tratar de dados de um fluviômetro instalado recentemente, as cotas máximas anuais se referem somente aos anos de 2011 a 2018; se estatisticamente uma maior série hidrológica seria mais assertiva ao estudo, devido aos trabalhos recorrentes de dragagem, retificação e canalização, é possível dizer que dados mais antigos poderiam não representar a atual realidade do curso.

Dispondo dos dados de renda média dos setores censitários do IBGE, chegou-se à classe social de cada um deles. Associou-se a cada classe social uma lista detalhada de mobiliário adaptada do estudo de Cançado (2009), posteriormente valorada pela BEC. Não se especificou a qualidade do mobiliário de cada uma das classes sociais, o que poderia impactar no valor final, caso o território contasse com classes sociais muito distintas entre si em padrão de vida.

A região escolhida é majoritariamente residencial, possibilitando diversas simplificações. Porém, não foi possível estimar perdas dos automóveis da população local e nem os prejuízos de imóveis comerciais, devido à falta destes dados por setor censitário na base do IBGE. Caso fossem avaliados equipamentos públicos de lazer, educação ou saúde etc. seria necessário estimar também as perdas devido à paralisação parcial ou total destes.

Com a curva cota *versus* prejuízo obtida, tornou-se possíveis diversas análises sobre o impacto das inundações sobre a população local. Em uma delas, apresenta-se quantos anos um morador, empenhando toda a sua renda familiar no reparo à residência e na compra de mobiliário similar àquele perdido na enchente, levaria para voltar ao bem-estar social em que se encontrava anteriormente à enchente. Chegou-se aos tempos aproximados de seis anos para a classe D e sete anos para a classe E.

Uma vez que sobre os rendimentos incidem impostos e com os rendimentos deve-se, ao menos, garantir a subsistência familiar, o cenário simulado é otimista. A situação piora quando se leva em consideração que, neste meio tempo, poderão haver chuvas que causarão novos prejuízos, impossibilitando o retorno ao bem-estar ainda que transcorra um longo período de tempo.

O trabalho não se propôs a dimensionar obras mitigatórias para diminuir o impacto das chuvas sobre a região. Propõe-se que tal estudo seja feito, estudando a viabilidade técnica e econômica de cada uma das opções. Caso nenhuma das soluções disponíveis seja viável, a opção para a população que habita o Jardim Pantanal passa a ser um plano de remoção, estruturado junto aos representantes do bairro. No entanto, é necessária uma política de habitação eficiente para que a história não continue seu movimento cíclico e outra população tão pobre quanto volte a construir nos terrenos desabitados.

Entretanto, na análise final dos resultados está uma proposta não estrutural (ou não estruturante), que não requer obra pública, e que para ser tomada bastaria a disponibilização do poder

público de buscar junto à iniciativa privada as opções mais econômicas para solucionar o problema, apenas buscando garantir a lisura do processo, a adesão da população ao programa e o esforço em trazer para a governança do estado (inclusão social) essa população. Uma ação deste tipo, orientada e contínua, já poderia ter solucionado o problema, nos 25 anos considerados desde o primeiro relato público destas inundações.

Além disto, o trabalho não abarcou outros quesitos não tangíveis, como a deterioração da saúde biológica e psicológica da população local e a perda de vidas nas inundações, que, mais do que onerar o sistema de saúde, têm valor inestimável em si. Recomenda-se que pesquisadores de outras áreas, tais como engenharia sanitária, urbanismo, saúde pública e serviço social, estudem o tema com o viés de suas áreas para complementar este estudo e estimar as perdas à população local, decorrentes das inundações, em todas suas dimensões.

## REFERÊNCIAS

ABUD, Éllen Albuquerque et al. **Caracterização morfométrica das sub-bacias no município de Xapuri: subsídios à gestão territorial na Amazônia Ocidental**. Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science, Taubaté, v. 10, n. 2, p.431-441, 30 abr. 2015. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambiagua.1426>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v10n2/1980-993X-ambiagua-10-02-00431.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2018.

BITH, Grasiela Cristina et al. **Uso de modelagem matemática para previsão de enchentes no Vale do Taquari - RS. Trabalho apresentado no IV Simpósio de Engenharia Ambiental**. Serra Negra, SP, 2008, não paginado. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/C\\_Haetinger/publication/228555241\\_Uso\\_da\\_modelagem\\_matematica\\_para\\_a\\_previsao\\_de\\_enchentes\\_no\\_Vale\\_do\\_Taquari-RS/links/0deec52ce9e80da395000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/C_Haetinger/publication/228555241_Uso_da_modelagem_matematica_para_a_previsao_de_enchentes_no_Vale_do_Taquari-RS/links/0deec52ce9e80da395000000.pdf)>. Acesso em: 03 set. 2018.

BRASIL. Constituição (2010). Lei nº 12.255, de 15 de junho de 2010.

CANÇADO, Vanessa Lucena. **Conseqüências econômicas das inundações e vulnerabilidade: Desenvolvimento de metodologia para avaliação do impacto nos domicílios e na cidade**. 2009. 417 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 1. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 302 p.

CÔRTEZ, Jussanã Milograna. **Sistemática de Auxílio à Decisão Para a Seleção de Alternativas de Controle de Inundações Urbanas**. 2009. 342 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília - Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2009. Disponível em: <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4599/1/2009\\_JussanaMilogranaCortes.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4599/1/2009_JussanaMilogranaCortes.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2018.

COUTINHO, Marlon Marques. **Avaliação do desempenho da modelagem hidráulica unidimensional e bidimensional na simulação de eventos de inundação em Colatina/ES**. 2015. 245 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-9ZDLZQ/disserta\\_\\_o\\_marloncoutinho.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-9ZDLZQ/disserta__o_marloncoutinho.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 18 out. 2018.

DECINA, Thiago Galvão Tiradentes; BRANDAO, João Luiz Boccia. **Análise de desempenho de medidas estruturais e não estruturais de controle de inundações em uma bacia urbana**. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. 207-217, mar. 2016. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522016000100207&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522016000100207&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 21 out. 2018.

DECINA, Thiago Galvão Tiradentes. **Análise de medidas de controle de inundações a partir da avaliação de cenários de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Córrego do Gregório, São Carlos - SP**. 2012. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-30082012-111216/publico/DissertDecinaThiagoGTCorrig.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2018.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Codificação brasileira de desastres**. 2019. 6p.

FRANCO, Ana Carolina Vicenzi; SANTO, Mariane Alves dal. **Contribution of Morphometry to Flood Studies in the Luís Alves Basin/ SC, Brazil**. Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 3, p.151-167, 15 dez. 2015. Mercator - Revista de Geografia da UFC. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2015.1403.0009>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/mercator/v14n3/1984-2201-mercator-14-03-0151.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2018.

Fundação Florestal. **Plano de Manejo – Área de Proteção Ambiental – Várzea do Rio Tietê**. Volume Principal. São Paulo, 2013.

Fundação SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **Censo demográfico de 2010**. São Paulo: SEADE, 2010.

MENDONÇA, José Carlos et al. **Avaliação de eventos de inundação na Região Norte Fluminense, Rio de Janeiro, utilizando imagens de sensores remotos**. Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science, Taubaté, v. 7, n. 1, p.255-267, 30 abr. 2012. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambiagua.817>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n1/v7n1a20.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2018.

MIRANDA, Marcelo Ricardo Bezerra de. **Análise de Vulnerabilidade a Inundações no Medio Curso do Rio Tapacurá Cidade de Vitória de Santo - PE**. 2015. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Geografia, Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/16975/1/MARCELO%20RICARDO%20BEZERRA%20DE%20MIRANDA.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

MURARA, Pedro Germano. **Adaptação às Inundações Urbanas em Rio do Sul, Santa Catarina**. 2016. 141 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/176057/345501.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 out. 2018.

ONO, Sidnei et al. **Modelo MEL-AT – Previsão e Modelagem de Vazões para a Bacia do Alto Tietê**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil. 21 – 26 abr., 2017. INPE. p. 3505-3512.

## DAEE. PDMAT 3 – TOMO II - LEVANTAMENTO DO QUADRO LEGAL E

**INSTITUCIONAL.** Disponível em:

<[http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1364&Itemid=77](http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1364&Itemid=77)>.

Acesso em: 01 mai. 2019.

PINTO, Vívian Gemiliano et al. **Influência do número de classes de vulnerabilidade na determinação da suscetibilidade morfométrica à inundação.** Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science, Taubaté, v. 11, n. 3, p.637-649, 23 jun. 2016. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambiagua.1842>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v11n3/1980-993X-ambiagua-11-03-00637.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2018.

RIBEIRO, Felipe Garcia et al. **O Impacto Econômico dos Desastres Naturais: O Caso das Chuvas de 2008 em Santa Catarina.** Planejamento e Políticas Públicas, Santa Catarina, v. 1, n. 43, p.299-322, jul. 2014. Semestral. Disponível em:

<<http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/download/470/345>>. Acesso em: 11 out. 2018.

SCHIVARTCHE, Fabio. **Estado quer desalojar Jardim Pantanal.** São Paulo, 1997. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff111131.htm>>. Acesso em 17 outubro 2018.

SIMÃO JR., Jorge; GIUDICE, Silvio. Projeto Pantanal. **Revista Água e Energia.** São Paulo, abril 1999.

SANTOS, Laércio Leal dos. **MODELOS HIDRÁULICOS-HIDROLÓGICOS: Conceitos e Aplicações.** Rbgf- **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 2, n. 3, p.1-19, dez. 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/232624/26638>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

SINDUSCON/SP. **Boletim Econômico – Abril de 2019.** Disponível em:

<<https://sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2019/05/04-Abril-2019.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

TACHINI, Mário et al. **Avaliação de danos de inundações ocorridas em Blumenau/SC nos anos de 1983, 1984, 1992 e 2001.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18. 2009, Campo Grande. Disponível em: <[http://ceops.furb.br/index.php/publicacoes/artigos/cat\\_view/23-artigos-ceops?limit=5&order=date&dir=ASC&start=5](http://ceops.furb.br/index.php/publicacoes/artigos/cat_view/23-artigos-ceops?limit=5&order=date&dir=ASC&start=5)>. Acesso em: 11 out. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. 2. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2011. 592 p.

UCHINAKA, Fabiana. **Um ano após enchentes, moradores do Jardim Pantanal lembram o trauma e temem novas chuvas**. 2010. Disponível em:

<<https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2010/12/08/um-ano-apos-enchentes-moradores-do-jardim-pantanal-lembram-o-trauma-e-temem-novas-chuvas.htm>>. Acesso em 17 outubro 2018.

WATANABE, Frederico Mamoru. **Análise do Método de Gumbel para cálculo de vazões de dimensionamento de vertedouros**. 11. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. Cap. 2013.

ZANIRATO, Sílvia. História da ocupação e das intervenções na Várzea do Rio Tietê. **Revista História Crítica**. Alagoas, n. 4, p. 117-129, outubro/novembro 2011.

#### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à equipe de Meteorologia do Sistema de Alerta de Inundações de São Paulo, em especial à Meteorologista Cristiane Pires Andrioli Gonçalves, pelos dados enviados da Estação de Monitoramento Rio Tietê – Jd. Romano.