

BERNARDO LUCAS MARTINO

**DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS RESIDENCIAIS PARA
ATENUAÇÃO DE CHEIAS E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS
UTILIZANDO INFORMAÇÕES HIDROMETEOROLÓGICAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Roberto Avelino Cecílio

Coorientador: Rodolpho Vilela Alves

Neves

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

M386d
2023

Martino, Bernardo Lucas, 1995-

Dimensionamento de reservatórios residenciais para
atenuação de cheias e aproveitamento de águas pluviais
utilizando informações hidrometeorológicas / Bernardo
LucasMartino. – Viçosa, MG, 2023.

1 dissertação eletrônica (97 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndice.

Orientador: Roberto Avelino Cecílio.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, 2023.

Referências bibliográficas: f. 58-63.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.477>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Escoamento urbano. 2. Águas pluviais. 3. Inundações -
Represas e reservatórios. 4. Secas - Previsão. I. Cecílio,
RobertoAvelino, 1976-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de
Pós-Graduação em Meteorologia Aplicada. III. Título.

CDD 22. ed. 628.21


BERNARDO LUCAS MARTINO

**DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS RESIDENCIAIS PARA
ATENUAÇÃO DE CHEIAS E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS
UTILIZANDO INFORMAÇÕES HIDROMETEOROLÓGICAS**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de maio de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 **BERNARDO LUCAS MARTINO**
Data: 15/10/2023 07:48:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Bernardo Lucas Martino
Autor

Documento assinado digitalmente
 **ROBERTO AVELINO CECILIO**
Data: 15/10/2023 13:28:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Roberto Avelino Cecílio
Orientador

Dedico esta dissertação de mestrado aos meus pais, Eliana e Luciano, que sempre foram minha fonte constante de amor e apoio incondicional. Vocês foram os primeiros a acreditarem em mim e me deram asas para voar. Eu não teria chegado até aqui sem a força de caráter e o exemplo de vida que vocês me deram. Este é um momento de celebração para todos nós e sou imensamente grato por tudo o que vocês fizeram por mim.

Eu amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Iniciar este agradecimento é uma tarefa difícil, pois as palavras parecem não ser suficientes para expressar a profundidade do meu agradecimento a todas as pessoas que fizeram parte desta jornada. Concluir um mestrado é um marco importante na minha vida acadêmica e profissional, e só foi possível graças ao apoio incondicional de algumas pessoas especiais. Eu gostaria de dedicar este texto para todos aqueles que me ajudaram a chegar até aqui, para que possam sentir o quanto eu sou grato por tudo o que fizeram por mim.

Antes de tudo, gostaria de agradecer a Deus, por ser minha fonte de força e guia constante em todos os momentos. A fé tem sido um pilar fundamental em minha vida e creio que foi através da graça e providência que pude chegar até aqui. O Senhor é minha luz e esperança nas horas mais sombrias. Eu creio que foi Ele quem me deu a sabedoria e a coragem para enfrentar os desafios que surgiram durante este processo, e por isso, estou eternamente grato.

Eu também gostaria de agradecer aos meus pais, Luciano e Eliana, que foram a minha rocha desde o início. Eles são os meus maiores incentivadores e apoiadores, e sempre acreditaram em mim, mesmo nos momentos mais difíceis. Eles me deram o melhor de si em todas as fases da minha vida, e eu sou imensamente grato por terem investido tanto tempo e esforço em mim. Eles me ensinaram a ser persistente, a nunca desistir dos meus sonhos e a sempre acreditar em mim mesmo, e por isso, eu sou quem sou hoje. Eu agradeço a eles por todo o amor e dedicação que me deram, e por terem me dado a oportunidade de ter uma vida plena e realizadora. Além disso, gostaria de agradecer ao meu irmão Victor, que sempre esteve presente em minha vida, incentivando-me a alcançar meus objetivos e apoiando-me em todas as minhas aventuras.

Eu também gostaria de agradecer à minha noiva Karollayne, que tem sido a minha amiga mais próxima e companheira nesta jornada. Ela tem me apoiado em todos os momentos, me incentivando a continuar em frente e até mesmo me ajudando a corrigir alguns textos dessa dissertação. Ela sempre esteve lá para me ajudar a superar as dificuldades e para celebrar as vitórias. Eu sou grato por ter uma pessoa tão amorosa e carinhosa em minha vida, e por ser a minha parceira nesta caminhada. Não posso deixar de mencionar os meus orientadores, Fernando Pruski, Rodolpho Neves e Roberto Cecílio, que me guiaram com sabedoria e paciência em todas as

etapas desta dissertação. Embora o Fernando infelizmente tenha partido antes de ver o resultado final deste trabalho, ele esteve comigo no início desta jornada e sua presença e influência serão sempre lembradas e apreciadas. Em sua ausência, gostaria de agradecer ao professor Roberto, que assumiu o posto de orientador e me acompanhou até o final desta jornada. Ele foi fonte inestimável de conhecimento e orientação, e estou muito grato por sua paciência, apoio e orientação. Eu espero um dia poder retribuir tudo o que aprendi com ele e com o professor Fernando, e passar adiante o conhecimento adquirido.

Gostaria de expressar minha imensa gratidão ao meu orientador Rodolpho Neves. Ele foi um guia valioso em todas as etapas desta dissertação, sempre disposto a responder minhas perguntas, a compartilhar seu conhecimento e a oferecer orientação preciosa. Sua paciência, dedicação e apoio incondicional foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. Agradeço por ser um professor e mentor exemplar e por acreditar no meu potencial. Seu impacto em minha vida acadêmica e profissional será inesquecível. Muito obrigado, Rodolpho, por tudo o que você fez por mim.

Além disso, gostaria de agradecer a todos os meus queridos amigos e familiares por serem uma fonte constante de amor e apoio em minha vida. Sua presença e incentivo foram fundamentais para a conclusão desta dissertação, e eu sempre guardarei em meu coração a gratidão pelo apoio que recebi de todos.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Viçosa, instituição que me proporcionou as condições necessárias para a realização desta dissertação e a CAPES, ao CNPq e ao IEL que me ofereceram o financiamento necessário para ao cumprimento desse meu objetivo. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Em suma, este trabalho não teria sido possível sem a contribuição de todas essas pessoas maravilhosas. Agradeço de coração a cada um de vocês e espero poder retribuir tudo o que recebi ao longo deste percurso.

“A persistência é o caminho do êxito.”

(Charles Chaplin)

RESUMO

MARTINO, Bernardo Lucas, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2023. **Dimensionamento de reservatórios residenciais para atenuação de cheias e aproveitamento de águas pluviais utilizando informações hidrometeorológicas.** Orientador: Roberto Avelino Cecílio. Coorientador: Rodolpho Vilela Alves Neves.

A urbanização no Brasil aumentou a vulnerabilidade da população às estiagens e inundações e uma alternativa para lidar com esse problema é o uso de reservatórios. Os reservatórios de retenção (RR) são comuns no combate à seca, enquanto os reservatórios de detenção (RD) são projetados para mitigar os impactos das enchentes. A implementação combinada desses reservatórios em ambientes residenciais é pouco explorada e, portanto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um método baseado em informações hidrometeorológicas de dimensionamento e operação de reservatórios para atenuação de cheias e aproveitamento de águas pluviais (RACAP). Assim sendo, foi escolhida para esse estudo a região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) devido à sua vulnerabilidade a esses eventos extremos e a disponibilidade de dados pluviométricos e fluviométricos adequados da região. Utilizando a estação pluviométrica 01943006, foi possível gerar uma série sintética de 10 anos característica da região e, com a estação fluviométrica 41260000, foi possível identificar o período de maior risco de enchentes na RMBH. O reservatório proposto conta com duas regras de operação distintas: na primeira ele atua como um RR tradicional; na segunda ele é parcial esvaziado diariamente, de forma que essa última é utilizada somente durante os períodos mais propícios às enchentes, ou períodos críticos (PC). O RACAP foi simulado e dimensionado e, para fins de comparação, foi contrastado com um RR de mesmas dimensões. Os resultados mostraram que, para o período simulado, o RACAP foi capaz de entregar uma média de 67,7% da demanda nominal e o RR 71,9%. Além disso, o RACAP não extravasou durante o PC do ano, enquanto o RR extravasou 113 ocorrências durante esse mesmo período. Portanto, o estudo destacou a importância de considerar a época do ano no planejamento de reservatórios de prevenção de enchentes e na adição dessa capacidade aos RRs residenciais em áreas urbanas. O trabalho também pontua que ainda há espaço para ajustes e melhorias no método proposto.

Palavras-chave: Reservatório; Enchente; Escassez hídrica.

ABSTRACT

MARTINO, Bernardo Lucas, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May 2023. **Sizing residential reservoirs for flood mitigation and rainwater harvesting using hydrometeorological information.** Advisor: Roberto Avelino Cecílio. Co-advisor: Rodolpho Vilela Alves Neves.

Urbanization in Brazil has increased the population's vulnerability to droughts and floods, and one alternative for dealing with these problems is the use of reservoirs. Retention reservoirs (RR) are common in the fight against drought, while detention reservoirs (RD) are designed to mitigate the impacts of floods. The combined implementation of these reservoirs in residential environments is little explored and, therefore, this work developed a method based on hydrometeorological information for the sizing and operation of reservoirs for flood mitigation and rainwater harvesting (RACAP). The metropolitan region of Belo Horizonte (RMBH) was chosen for this study due to its vulnerability to these extreme events and the availability of adequate rainfall and river data for the region. Using the rain gauge station 01943006, it was possible to generate a 10-year synthetic series characteristic of the region and, with the river gauge station 41260000, it was possible to identify the period of greatest risk of flooding in the RMBH. The proposed reservoir has two different operating rules: in the first, it acts as a traditional RR; in the second, it is partially emptied daily, so that the latter is only used during the periods most prone to flooding, or critical periods (CP). The RACAP was simulated and dimensioned and, for comparison purposes, it was contrasted with a RR of the same dimensions. The results showed that, for the simulated period, the RACAP was able to deliver an average of 67.7% of nominal demand and the RR 71.9%. In addition, RACAP did not overflow during the CP of the year, while RR overflowed 113 times during the same period. Therefore, the study highlighted the importance of considering the time of year when planning flood prevention reservoirs and adding this capacity to residential RRs in urban areas. The work also points out that there is still room for adjustments and improvements to the proposed method.

Keywords: Reservoir; Flood; Water shortage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Curva de permanência de vazões.....	19
Figura 2 – Componentes do balanço de água na superfície do solo.....	21
Figura 3 – Componentes associados ao escoamento superficial para o método do balanço de água na superfície do solo.....	22
Figura 4 – Representação do ciclo hidrológico da água.....	24
Figura 5 – Impacto da impermeabilização do solo no escoamento superficial.....	25
Figura 6 – Relação entre densidade domiciliar e a impermeabilização do solo.	26
Figura 7 – Piscinão Aricanduva V.	28
Figura 8 – Microrreservatórios de retenção.....	29
Figura 9 – Representação gráfica da aplicação do método generalizado para estimativa do volume do (RD).	30
Figura 10 – Representação gráfica da aplicação do método do hidrograma da fórmula racional para estimativa do volume do RD.....	31
Figura 11 – Método de Horn.....	34
Figura 12 – Método de Akan.	35
Figura 13 – Cálculo da confiança do método prático australiano.....	41
Figura 14 – Esquemático do RACAP.	43
Figura 15 – Divisões do volume do reservatório em VR e VD.....	45
Figura 16 – Algoritmo do RACAP.....	49
Figura 17 – Região metropolitana de Belo Horizonte.....	50
Figura 18 – Evolução populacional x Ocorrências de inundações no município de Belo Horizonte.....	51
Figura 19 – Mapa de inundações de Belo Horizonte.....	52
Figura 20 – Área de contribuição da estação fluviométrica 41260000.	53
Figura 21 – Curva de permanência da estação fluviométrica 41260000.....	56
Figura 22 – Quantidade, por quinzena, de eventos que superaram a Q5%.....	56
Figura 23 – Precipitação diária da série sintética usada na situação hipotética simulada.....	57
Figura 24 – Volume diário dos reservatórios.....	58
Figura 25 – Consumo diário médio por quinzena.....	59
Figura 26 – vs diário dos reservatórios.....	60
Figura 27 – Impacto do C e do vsmax no dimensionamento do RACAP.....	63
Figura 28 – Impacto do AC e do Volume na eficácia do RACAP.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Métodos para o cálculo do tempo de concentração em bacias urbanas.	18
Tabela 2 – Valores de entrada das variáveis do Hidrograma 2.1.....	54
Tabela 3 – Resumo do comportamento dos reservatórios com diferentes PCs.....	64
Tabela 4 – Resultado comparado do RACAP adaptado	65

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

P	Precipitação (m)
RAPAC	Reservatório de aproveitamento de águas pluviais e atenuação de cheias.
RR	Reservatório de retenção.
RD	Reservatório de detenção.
ES	Escoamento superficial.
AC	Área de contribuição.
V	Volume
VR	Volume de retenção.
VD	Volume de detenção.
R _p	Precipitação diária líquida.
R _{ff}	Parcela da R _i descartada com o intuito de melhorar a qualidade da água no RAPAC.
RMBH	Região metropolitana de Belo Horizonte.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
PIB	Produto interno bruto.
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia.
<i>v_i</i>	Volume que entra no reservatório.
<i>v_{ex}</i>	Volume extravasado do reservatório.
<i>v_c</i>	Volume de consumo ou demanda da residência.
<i>v_d</i>	Volume de deságue (volume de água descartado)
<i>v_{es}</i>	Volume proveniente do escoamento superficial.
<i>v_s</i>	Volume total que escoa do lote (volume de saída).
<i>v_{smax}</i>	Volume máximo de saída de água, não atenuada, do sistema.
<i>λ_{pc}</i>	Quantidade de vezes que <i>v_s</i> > <i>v_{smax}</i> dentro do PC.
<i>λ_{npc}</i>	Quantidade de vezes que <i>v_s</i> > <i>v_{smax}</i> fora do PC.
E _{Fd}	Eficiência de atendimento da demanda.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVO	17
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 Conceitos hidrológicos básicos.....	18
3.1.1 Tempo de concentração.....	18
3.1.2 Curva de permanência	19
3.1.3 Método do balanço de água na superfície do solo	20
3.1.4 Método racional.....	23
3.2 Impacto da impermeabilização do solo no ciclo hidrológico	24
3.3 Drenagem urbana.....	26
3.4 Reservatórios.....	27
3.4.1 Reservatórios de Detenção	27
3.4.1.1 Método generalizado	30
3.4.1.2 Método do hidrograma da fórmula racional	31
3.4.1.3 Formulação de Maidment.....	32
3.4.1.4 Método legislativo de Belo Horizonte	32
3.4.1.5 Método Numérico	33
3.4.1.6 Método de Horn.....	34
3.4.1.7 Método de Akan	35
3.4.1.8 Método de Porto.....	35
3.4.2 Reservatórios de retenção.....	36
3.4.2.1 Método de Azevedo Neto	37
3.4.2.2 Método prático inglês	37
3.4.2.3 Método prático alemão	38
3.4.2.4 Método de Rippl	38
3.4.2.5 Método da Simulação.....	39
3.4.2.6 Método prático australiano	40
4 MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1 Método para o dimensionamento e operação do RACAP	41
4.1.1 Dimensionamento do RACAP	43
4.1.1.1 Volume máximo não atenuado de saída (<i>vsm_{max}</i>).....	43
4.1.1.2 Área de captação.....	44
4.1.1.3 Volume do reservatório.....	44
4.1.2 Regras de operação	46

4.1.2.1 Determinação do período crítico	46
4.1.2.2 Dinâmica de retenção	47
4.1.2.3 Dinâmica mista	48
4.1.2.4 Algoritmo da regra de operação do RACAP	48
4.2 Estudo de Caso	48
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1 Dimensões e comportamento do RACAP	55
5.2 Obtendo melhores resultados	61
5.2.1 Variando as dimensões	61
5.2.2 Variando o PC	62
5.2.3 Convertendo um reservatório em RACAP	65
5.3 Trabalhos futuros	65
6 CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICE	74

1. INTRODUÇÃO

Eventos hidrometeorológicos extremos, como secas e enchentes, são frequentes no Brasil e alteram significativamente o cotidiano das pessoas, ocasionando danos à economia, fatalidades e prejuízos à infraestrutura (SYIFA et al., 2019; CUNHA et al., 2019). Historicamente eventos como esses sempre ocorreram, entretanto maiores impactos têm sido ocasionados devido ao acelerado processo de urbanização do país nas últimas décadas (DIAS, 2014). Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostram que no ano de 1940 apenas 31% dos brasileiros moravam nas cidades, já em 1980 esse número era de 66% e, em 2015, 84,7% (IBGE, 2020). A aglutinação populacional, que é fortemente caracterizada pela expansão irregular das periferias, compromete a sustentabilidade hídrica uma vez que esse processo por vezes ocorre em locais onde existem mananciais destinados ao abastecimento humano (TUCCI, 2002). Tundisi e Scheuenstuhl (2008) destacam ainda que as infraestruturas inadequadas das redes de abastecimento urbano geram até 30% de perdas após o tratamento da água, o que agrava ainda mais a escassez hídrica nas cidades.

A urbanização também contribui para eventos de inundações nas cidades (BAH-RAWI et al., 2020; HANDAYANI et al., 2020; JACOB et al., 2019; COATES, 2019), pois a impermeabilização da superfície do solo nesses locais antagoniza com o processo natural de infiltração da água no solo, gerando um expressivo aumento do escoamento superficial (ES) (POUDEL; AHMAD; STEPHEN, 2020). Inundações e enchentes consistem na elevação do nível da água de um rio acima de sua capacidade de drenagem natural, episódio esse que normalmente ocorre durante os períodos de maior intensidade pluviométrica (PRUSKI et al., 2003).

Nesse contexto é importante destacar que no Brasil as inundações são importantes causadoras de desastres. Somente em 2008, por exemplo, quase 1,8 milhões de pessoas foram afetadas por catástrofes hidrológicas dessa natureza (SIMÕES; JARDIM; PARIZZI, 2012; VOS et al., 2010). Silveira et al. (2020) estimam que as inundações ocorridas entre 2016 e 2018 na região oeste da cidade de Belo Horizonte tiveram um impacto econômico de aproximadamente R\$ 3,5 milhões e, apesar desses números, são justamente regiões como essa que estão se tornando cada vez mais suscetíveis às enchentes, uma vez que o aumento da população

urbana impulsiona a ocupação irregular de áreas de risco. As repercussões dessas catástrofes não se limitam às fatalidades e aos danos à infraestrutura local, visto que a contaminação da água do rio e o armazenamento superficial de água no solo afetado aumentam o risco de propagação de doenças como diarreia, leptospirose, malária e dengue (HAMMOND et al., 2015; ANDRADE et al., 2018; ZHANG et al., 2019). Champs (2012) alega que 69,5% dos eventos de cheias noticiados na capital mineira entre os anos de 1928 e 2000 concentraram-se nas últimas décadas do período estudado. Hoje em dia existem diversas formas de se mitigarem os efeitos das enchentes nas metrópoles como a ampliação de áreas verdes (LI; UYTENHOVE; EETVELDE, 2020) e melhorias nas redes de drenagem (ZHOU et al., 2019). Entretanto existem dificuldades na aplicação desses métodos devido ao custo de implementação e impactos populacionais.

Outra consequência do crescimento urbano é o aumento da demanda tanto por água potável quanto por redes de esgoto, que por vezes são lançados em corpos d'água, causando poluição em mananciais e encarecendo o tratamento de água (GAVIOLLI, 2013). Esses impactos financeiros ganham escala com a proeminência econômica das regiões afligidas. Um exemplo importante é o da cidade de São Paulo, a qual sofreu um aumento de 700% no custo do tratamento da água entre os anos de 1995 e 2010 (COCOLO, 2015), um aumento bem acima da inflação do período (279%). Após a crise hídrica que a cidade sofreu em 2015, fica inequívoco que não se pode solucionar a problemática adotando-se somente uma solução devido à complexidade no abastecimento da região, o que evidencia que medidas paralelas à captação de água tradicional devem ser tomadas.

A captação de águas pluviais em reservatórios domésticos apresenta-se como uma alternativa interessante, sobretudo quando essa água é destinada para usos não nobres como lavagem de roupas, descarga de sanitários, rega de jardins, lavagem de pisos e automóveis. Segundo Huppés (2017), a utilização de reservatórios de retenção de águas pluviais acarreta benefícios como diminuição do consumo de água da rede pública de abastecimento, contribuição na preservação do meio ambiente, redução de custo da distribuição de água e principalmente diminuição dos gastos com água potável pelos habitantes. Ademais a utilização de reservatórios não se limita somente à finalidade de disponibilidade hídrica, pois também são

amplamente utilizados no controle de enchentes (SALATA et al., 2021; KUMAR et al., 2022).

O uso de reservatórios consiste, portanto, em uma importante estratégia de reter ou defasar o ES proveniente das chuvas, sejam estes reservatórios de retenção (RR) ou reservatórios de detenção (RD). Carvalho et al. (2017), por exemplo, defendem que a implantação de reservatórios de detenção para atenuação de cheias em 50% da área da bacia hidrográfica do riacho Pajeú, localizada na cidade de Fortaleza - CE, pode resultar em uma redução de até 64% da vazão máxima de escoamento no exultório da bacia. Essa estratégia de captação de águas pluviais é tão efetiva que, no estado de São Paulo, a Lei Nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007, tornou “obrigatória a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m²” (DIOGO, 2007). Rodriguez, Pruski e Singh (2016), por outro lado, ressaltam o ganho de disponibilidade hídrica às populações do semiárido brasileiro causado pelos reservatórios de retenção, enquanto Bozzini et al. (2017) e Fernandes, Neto e Mattos (2007) defendem, respectivamente, a viabilidade econômica da sua implantação em escolas e universidades nas regiões urbanas (PRUSKI; RODRIGUEZ; SINGH, 2016).

A diferença básica entre os reservatórios de retenção e detenção é que no primeiro, também conhecido como reservatório molhado, o escoamento de um dado evento de chuva é armazenado e posteriormente utilizado para outras finalidades. O reservatório de detenção, por sua vez, armazena água somente por um curto prazo, suscitando uma atenuação do pico de vazão em seu exultório, tornando-a inferior à sua vazão de entrada. Esses reservatórios, popularmente conhecidos como piscinões, usualmente esvaziam-se em menos de um dia, descarregando o volume acumulado na jusante da bacia (ZAHED FILHO, 2014). Sendo assim, fica evidente que os reservatórios se distinguem principalmente na regra de operação do deságue do volume acumulado, diferença essa que possibilita o primeiro a combater os efeitos da escassez hídrica, e o segundo a atenuar picos de enchente.

Embora a combinação de reservatórios de retenção e detenção não seja uma ideia nova, seu estudo e dimensionamento criterioso ainda não são amplamente explorados, especialmente quando se leva em consideração reservatórios pequenos. Muitas vezes, os reservatórios são projetados isoladamente, sem considerar essa

combinação, no entanto, é importante mencionar que esse tipo de dimensionamento é utilizado pela ONS em grandes reservatórios de hidrelétricas, onde eles aplicam o conceito de Volume de Espera (CHAN; RAUPP; COSTA, 2015). Moruzzi, Cunha e Oliveira (2010), por exemplo, avaliaram a implementação de um reservatório de detenção na bacia urbana do Córrego da Servidão, onde um reservatório de retenção já estava operando. Apesar da análise final dos autores levar em consideração o efeito combinado dos reservatórios, o dimensionamento do reservatório de detenção foi feito de forma isolada. Como as metodologias utilizadas para o cálculo do volume de cada tipo de reservatório são muito discordantes entre si, considera-se essencial a pesquisa a respeito de uma metodologia de dimensionamento conjunto de RD e RR que leve em consideração seus múltiplos objetivos e regras de operação.

Assim, o presente trabalho se baseia na hipótese de que o desenvolvimento de uma metodologia de dimensionamento de um reservatório único capaz de reproduzir tanto os benefícios do reservatório de detenção quanto o de retenção, a partir daqui chamado de reservatório para atenuação de cheias e aproveitamento de águas pluviais (RACAP), pode gerar benefícios às populações de centros urbanos que são afetadas tanto pela escassez hídrica quanto por inundações.

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um método baseado em informações hidrometeorológicas de dimensionamento e operação de reservatórios para atenuação de cheias e aproveitamento de águas pluviais.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Conceitos hidrológicos básicos

3.1.1 Tempo de concentração

Na literatura o termo tempo de concentração (t_c) é amplamente conhecido como o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a área da bacia contribua com o escoamento superficial num determinado ponto de controle (ARAÚJO et al., 2011), ou seja, a quantidade de tempo que uma gota d'água demora para se mover superficialmente do ponto mais distante da bacia até seu exultório (MCCUEN; WONG; RAWLS, 1984).

Por vezes o tempo de concentração pode ser um parâmetro hidrológico difícil de ser estabelecido com critério pelos projetistas, pois há pouca informação sobre o desempenho das diversas fórmulas empíricas disponíveis para sua estimativa (SILVEIRA, 2005). Para bacias urbanas, Silveira (2005) defende o uso dos métodos de Carter e Kirpich; já a Superintendência de Desenvolvimento da Capital (SUDECAP, 2017), além do método de Kirpich, sugere a utilização do Método Cinemático para estimar o tempo de concentração. A Tabela 1 apresenta as fórmulas de cálculo do t_c , em minutos, para os métodos mencionados.

Tabela 1 – Métodos para o cálculo do tempo de concentração em bacias urbanas.

Métodos	Equação
Método de Carter	$t_c = 0,0977 \left(\frac{L^{0.6}}{S^{0.3}} \right)$
Método de Kirpich	$t_c = 3,989 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$
Método Cinemático	$t_c = 16,67 \sum \left(\frac{l}{V} \right)$

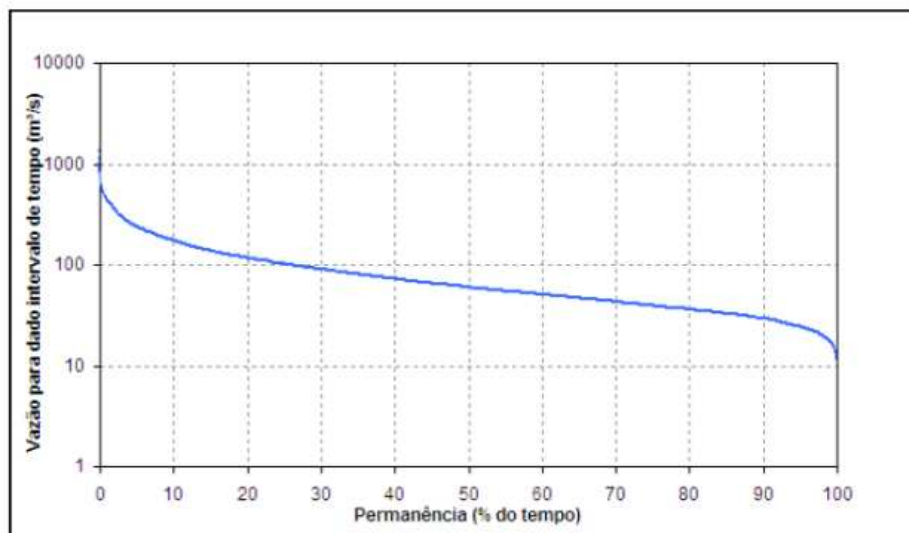
Fonte: Elaborado pelo autor.

Em que: L = comprimento do talvegue da bacia (km);
 S = declividade do talvegue (m/m);
 l = distância percorrida pelo escoamento superficial (km);
 V = velocidade da água em cada trecho (m/seg).

3.1.2 Curva de permanência

O primeiro uso da chamada curva de permanência é atribuído, segundo Vogel e Fennessey (1994), a Clemens Herschel na década de 1880. Ela caracteriza a variabilidade da vazão em uma dada seção fluvial por meio da relação entre sua magnitude e a frequência. A curva pode ser construída ou com base em todo o período histórico disponível, recebendo o nome de curva de permanência de longo termo, ou com base em dados de um único ano hidrológico específico, ganhando assim o nome de curva de permanência anual. Seja de longo termo ou anual, o aspecto geral da curva é ilustrado na Figura 1 (PINHEIRO, 2009; CASTELLARIN; CAMORANI; BRATH, 2007).

Figura 1 – Curva de permanência de vazões.



Fonte: Retirado de Pinheiro (2009).

Uma das diversas formas existentes na literatura de se construir as curvas de permanência consiste em ordenar, de forma decrescente, os valores de vazão da série estudada. Em seguida, associa-se a cada um deles uma frequência de excedência referente à sua posição na plotagem, podendo essa ser calculada como m/n ou $m/n+1$, em que m é a ordem do valor ordenado e n o número de valores da série (FENNESSEY; VOGEL, 1990; CRUZ; TUCCI, 2008; JACOBS; VOGEL, 1993).

De posse da curva, pode-se determinar o indicador hidrológico chamado de vazão percentil ($Q_p\%$), que representa a vazão que é igualada ou superada apenas por um percentual p dos valores da base de dados históricos utilizada (CRUZ; TUCCI,

2008; VOGEL; FENNESSEY, 1995). Algumas das vazões percentis mais utilizadas são a Q95% e a Q5%, onde a primeira é aplicada, por exemplo, na avaliação do impacto de outorgas de água em cursos naturais e a segunda, em contrapartida, aponta vazões características de enchentes, informação essa essencial no mapeamento das planícies de inundação (FERREIRA et al., 2007)

3.1.3 Método do balanço de água na superfície do solo

Uma das metodologias disponíveis para se calcular o escoamento superficial em locais onde a relação entre a intensidade, duração e frequência da precipitação é conhecida é o método do balanço de água da superfície do solo, desenvolvido por Pruski et al. (1997). Essa relação se dá por meio da chamada curva de intensidade duração e frequência, ou IDF, descrita pela equação

$$i_m = \frac{KT^a}{(t + b)^c}, \quad (3.1)$$

em que

i_m = intensidade máxima média de precipitação (mm h⁻¹);

T = período de retorno (anos);

t = duração da precipitação (min); e

K, a, b, c = parâmetros de ajuste relativos à estação pluviográfica do local de estudo (adimensional).

Tendo como premissa que: a precipitação é uniforme dentro da área analisada; que o solo, durante o evento de precipitação, está próximo à umidade de saturação; e que no decorrer desse mesmo evento a evaporação é desprezível, o método ilustrado pela Figura 2 estima o ES (mm) por meio da equação

$$ES = PT - I - I_a - e_v, \quad (3.2)$$

em que

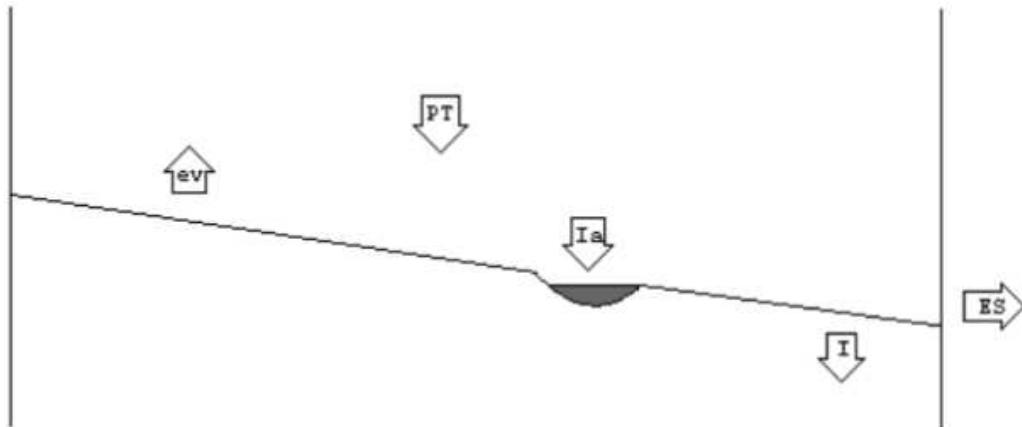
PT = precipitação total (mm);

I_a = abstrações iniciais (mm);

I = infiltração acumulada da água no solo (mm), e

e_v = evaporação (mm).

Figura 2 – Componentes do balanço de água na superfície do solo.



Fonte: Retirado de Griebeler et al. (2001).

A PT, por sua vez, pode ser definida com auxílio da equação (3.1) como

$$PT = \frac{i_m t}{60}. \quad (3.3)$$

Derivando-se a equação (3.3) em relação ao tempo obtém-se a equação (3.4), que estima a intensidade instantânea de precipitação (i_i), em mm h⁻¹, correspondente a um instante de tempo t .

$$i_i = i_m \left(1 - \frac{ct}{t+b} \right). \quad (3.4)$$

Tendo em vista que o ES tem seu valor máximo no instante que (i_i) se iguala a taxa de infiltração estável (T_{ie}), a duração da precipitação para a qual a lâmina de escoamento superficial é máxima pode ser calculada pela equação

$$i_m \left(1 - \frac{ct}{t+b} \right) - T_{ie} = 0, \quad (3.5)$$

equação essa que pode ser resolvida por meio da utilização do método de convergência de Newton-Raphson.

Outra variável que tem de ser estimada no método do balanço de água na superfície do solo é a I_a . Uma das formas de se estimar essa variável é com o método do número da curva (CN), desenvolvido originalmente pelo Serviço de Conservação de Solos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (SCS-USDA) em 1954. Dessa forma tem-se que

$$I_a = 50,8 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right), \quad (3.6)$$

em que CN é o número da curva, que é um valor tabelado, que caracteriza o complexo hidrológico solo-vegetação do local de estudo. É importante enfatizar que, após a publicação do SCS-USDA, diversos autores se propuseram a expandir o método e encontrar novos coeficientes que melhor representam diferentes áreas de estudo, como é o caso de Tassi et al. (2006) que determinou esse parâmetro para sub-bacias urbanas em Porto Alegre/RS.

Também é importante conhecer o intervalo de tempo no qual ocorrem essas abstrações iniciais. Conforme ilustrado na Figura 3, o intervalo de tempo em min T_{Ia} , compreendido entre o início da chuva e o início do ES, é dado pela equação

$$\int_0^{t_{Ia}} i_i dt = I_a, \quad (3.7)$$

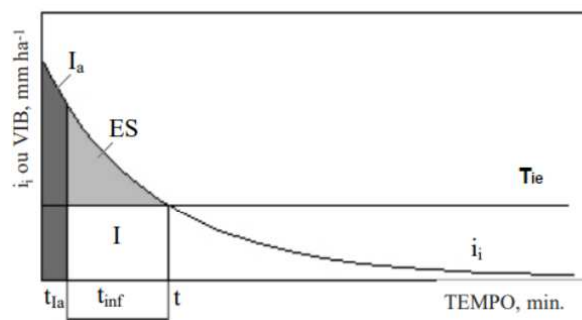
que também precisa do método de Newton-Raphson para ser resolvida.

Uma vez concluído o tempo referente às abstrações iniciais, é iniciado o escoamento superficial e a infiltração da água nos solo que é levada em consideração nesse método. A infiltração acumulada da água no solo (I), ocorrida após T_{Ia} , pode ser estimada como

$$I = \frac{T_{ie} t_{inf}}{60}, \quad (3.8)$$

em que $t_{inf} = t = t_{Ia}$.

Figura 3 – Componentes associados ao escoamento superficial para o método do balanço de água na superfície do solo.



Fonte: Adaptado de Griebeler et al. (2001)

3.1.4 Método racional

O método racional é uma das metodologias para se calcular vazões de pico em bacias hidrográficas mais difundidas na literatura. O método, que em última análise foi o resultado de um composto de esforços da comunidade científica ao longo dos séculos, foi iniciado por Pierre Parrault em sua publicação “De l’origine des fontaines” (1674) quando o advogado estabeleceu uma forma quantitativa de se estimar o escoamento resultantes de precipitações ocorridas em uma área de contribuição.

Aproximadamente 170 anos após esse marco, os pesquisadores das ilhas britânicas definiram um coeficiente capaz de melhor aproximar a conversão de precipitação em vazão dentro de uma bacia hidrográfica, que na época assumia um valor entre 0,4 e 0,6. Esse coeficiente foi depois chamado como primeiro princípio do que futuramente seria conhecido como o método racional.

Por fim, em 1851, Thomas Mulvaney adicionou o segundo princípio ao método, que enfim recebeu o nome pelo qual é conhecido nos dias atuais. Mulvaney propôs ao Irish Institution of Civil Engineers que o tempo de concentração também deveria ser levado em conta para se estimar a vazão de pico no exultório de uma bacia (THOMAS, 2017), sendo essa dada por

$$Q = C * i * A \quad (3.9)$$

em que

Q = vazão de pico ($m^3 s^{-1}$);

i = intensidade média de precipitação sobre toda a área drenada, considerada constante durante o evento e, portanto, tem duração igual ao tempo de concentração da bacia ($m s^{-1}$);

C = coeficiente adimensional relacionado com a parcela de chuva total que é convertida em escoamento superficial;

A = área da bacia (m^2)

3.2 Impacto da impermeabilização do solo no ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico (Figura 4) é um fenômeno constituído de processos naturais sucessivos pelos quais a água é transportada ao redor do globo em seus diferentes estados físicos: sólido, líquido e gasoso. A força motriz desse processo é combinação entre a radiação solar, que promove a evapotranspiração, e a gravidade terrestre, que possibilita a precipitação, infiltração e escoamento das massas de água pelas redes de drenagem (TUNDISI, 2003; PEREIRA, 2014).

Figura 4 – Representação do ciclo hidrológico da água.



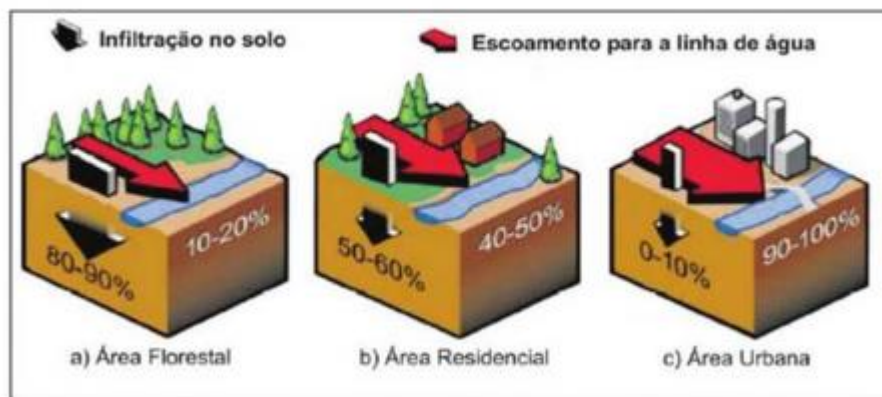
Fonte: Adaptado de <<https://obshistoricogeo.blogspot.com/>>

O ciclo, entretanto, pode ser fortemente afetado pelo processo de impermeabilização do solo, causado pelo processo de urbanização. A pavimentação de vias, coberturas e estacionamentos, associado a uma política de uso e ocupação do solo despreocupada com o impacto antrópico sobre o ciclo hidrológico, resulta na sobrecarrega do sistema de drenagem urbano uma vez que essas distorções acarretam um aumento da parcela da chuva que é convertida em escoamento superficial (Figura 5) (PEREIRA, 2014).

Como foi demonstrado pelo Urban Drainage and Flood Control (1993), o volume e a vazão do ES aumentam conforme o grau de impermeabilização do solo também aumenta. Segundo Pinto e Martins (2008), a taxa de impermeabilização do solo, em algumas regiões brasileiras, pode superar os 70% em áreas com densidade populacional abaixo de 20 domicílios/hectare (Figura 6), o que evidencia o por que de as grandes metrópoles serem mais suscetíveis à enchentes e inundações (CANHOLI, 2005).

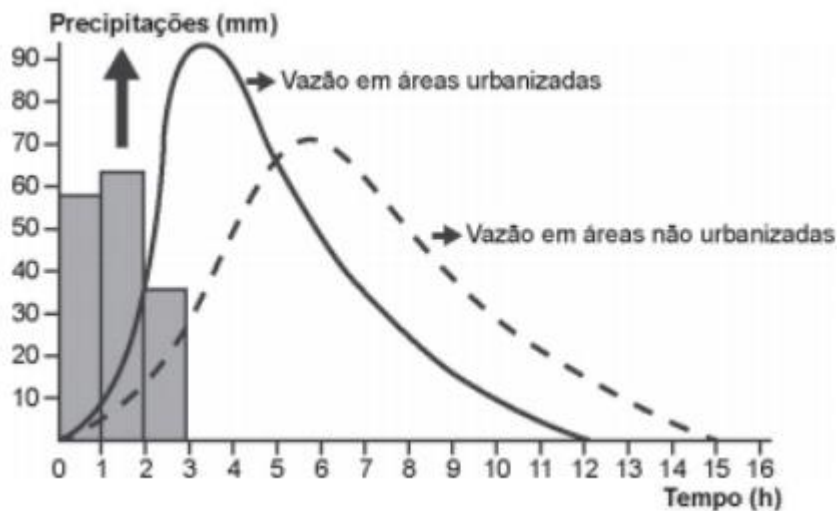
Figura 5 – Impacto da impermeabilização do solo no escoamento superficial.

(a) Esquemático.



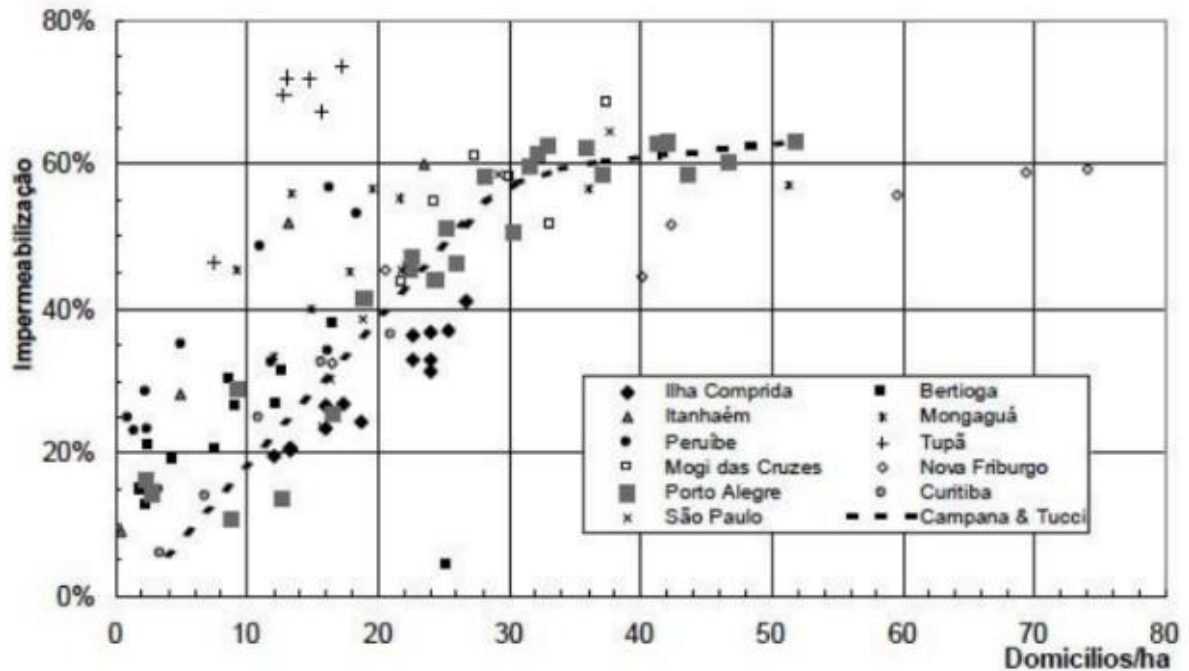
Fonte: Retirado de <https://bhrecicla.com.br/>.

(b) Gráfico.



Fonte: Retirado de <https://descomplica.com.br/>.

Figura 6 – Relação entre densidade domiciliar e a impermeabilização do solo.



Fonte: Retirado de Pinto e Martins (2008).

3.3 Drenagem urbana

Definido como o conjunto de estruturas, naturais ou construídas pelo homem, capazes de garantir o transporte da água, o desenvolvimento dos sistemas de drenagem urbana contemporâneo advém, entre outros motivos, da necessidade de se combater os efeitos da urbanização no ciclo hidrológico. Locais como as grandes cidades devem buscar incluir medidas para mitigar os impactos gerados pelos eventos hidrometeorológicos extremos.

Pereira (2014) divide as medidas de controle em não estruturais e estruturais. A primeira engloba medidas que procuram administrar o uso e ocupação do solo, preservar áreas naturais estratégicas, controlar a poluição difusa e implantar sistemas de alerta para a população. As medidas estruturais, por sua vez, são aquelas que interferem diretamente no ciclo hidrológico por meio da construção de estruturas físicas tais como: trincheiras de infiltração e detenção; valas de infiltração; poços de infiltração; telhados armazenadores; pavimentos permeáveis; microrreservatórios ou

reservatórios individuais; bacias de retenção / reservatórios de retenção e pavimentos permeáveis.

As medidas estruturais também são conhecidas na literatura como medidas mitigadoras, podem ser subdivididas como medidas extensivas ou intensivas. Enquanto as primeiras são caracterizadas por atuarem na conversão da precipitação em escoamento por intermédio, por exemplo, da vivificação da cobertura vegetal do solo, a segunda atua diretamente na condução do escoamento superficial. Para atingir esse objetivo, Canholi (2005) afirma que as medidas intensivas podem: aumentar a capacidade de drenagem da bacia com a construção de canais e desvios; acelerar o fluxo de água natural dos rios por meio do corte dos meandros; retardar o escoamento superficial utilizando estruturas como bacias de amortecimento ou reservatórios de retenção.

3.4 Reservatórios

Os reservatórios de retenção diferem dos de retenção pois, enquanto os primeiros buscam armazenar o volume precipitado visando utilizá-lo posteriormente, ou para consumo humano ou para outras finalidades, os segundos, por sua vez, armazenam água somente por um curto prazo, o que causa uma diminuição da vazão máxima do escoamento superficial em sua jusante. Como os reservatórios têm finalidades diferentes, os métodos de dimensionamento, as variáveis mais importantes que são levadas em consideração nesses últimos e até mesmo a base de tempo com qual eles trabalham também são diversos entre si. Essa seção revisa alguns dos métodos de dimensionamento para ambos e torna evidente essas diferenças supracitadas.

3.4.1 Reservatórios de Retenção

Seguindo a orientação do Ministério das Cidades, diversos municípios brasileiros adequaram suas legislações com o objetivo de fomentar a implementação de projetos de drenagem urbana sustentáveis conforme conceitos do Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (LID) (AMARAL; BEMFICA, 2013a). Os

reservatórios de retenção residenciais são uma das formas de se combater os impactos das enchentes sem a necessidade de se utilizar grandes áreas públicas.

Reservatórios projetados para atender regiões específicas das cidades comumente recebem o nome de “piscinões”, a exemplo do Piscinão Aricanduva V (Figura 7) localizado na cidade de São Paulo. Apesar da sua eficácia, Raimundo (2007) aponta que, além da considerável demanda por espaço para serem construídas, essas estruturas têm relevantes desvantagens associadas à proliferação de vetores transmissores de doenças e aos custos de manutenção.

Figura 7 – Piscinão Aricanduva V.



Foto: Luciano Piva (2007).

Quando os reservatórios são projetados para lotes pequenos, eles são chamados de microrreservatórios (MR) (Figura 8). Pereira (2014) aponta que esses dispositivos têm um baixo custo de implementação e resolvem o problema do escoamento superficial produzido pelo lote que foi modificado pelo proprietário, entretanto em alguns locais sua adoção depende da disposição da população.

Existem diferentes métodos empregados para se definir os volumes dos reservatórios de retenção, diferindo-se entre si no método de cálculo, nas variáveis hidráulico-hidrológicas mais relevantes, e na forma de aplicação, sendo essas de caráter generalista ou específico (ASSUNÇÃO, 2012). Amaral e Bemfica (2013a) inclusive apontam em seu trabalho falta de padronização desses dispositivos e discutem a necessidade de uma revisão nos critérios mais comumente adotados.

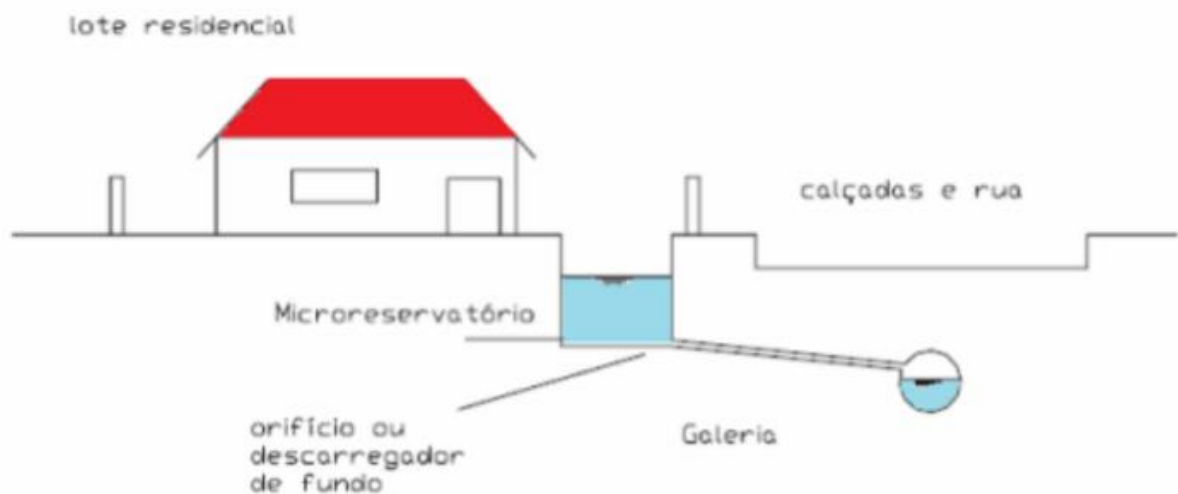
Em geral, os métodos de cálculo ou utilizam metodologias puramente hidrológicas ou métodos hidráulico-hidrológicos. As primeiras são baseadas na relação chuva-vazão, onde é considerado o uso do solo em condições anteriores e posteriores à urbanização, já as segundas são mais focadas no controle da vazão de saída das estruturas (ASSUNÇÃO, 2012). Em diversas regiões dos Estados Unidos, por exemplo, é comum que o volume seja mensurado de forma que a vazão máxima efluente seja igual às condições pretéritas às influências antrópicas (MCCUEN et al., 1989). Além dessa vazão de controle, outros parâmetros como a razão entre tempos de pico das vazões efluentes e afluentes e o ES também são comumente levados em consideração (PORTO, 2003).

Figura 8 – Microrreservatórios de detenção.

(a) Microrreservatório em barril.



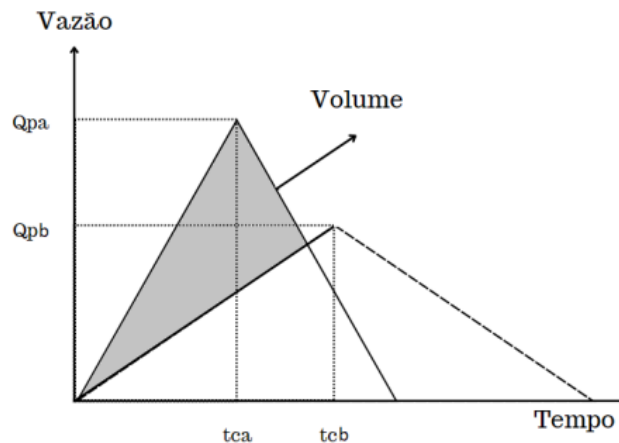
(b) Esquemático do microrreservatórios de detenção.



Fonte: Retirado de Pereira (2014).

3.4.1.1 Método generalizado

Figura 9 – Representação gráfica da aplicação do método generalizado para estimativa do volume do (RD).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em que

Q_{pa} = pico de vazão posterior à urbanização;

Q_{pb} = pico de vazão anterior à urbanização;

t_{ca} = tempo de concentração posterior à urbanização;

t_{cb} = tempo de concentração anterior à urbanização.

Partindo do hidrograma triangular afluente, o método generalizado calcula o volume do RD a partir do retardo da propagação de cheias de vazão prospectada, conforme ilustrado na Figura 9. McCuen et al. (1989) comenta que nesse método, os tempos de concentração t_{cb} e t_{ca} são iguais ao tempo que as vazões levam até que atinjam sua magnitude máxima (t_{pa} e t_{pb}) em seus respectivos cenários. Além disso, ele define as razões entre o pico das vazões e entre os tempos como

$$\alpha = \frac{Q_{pb}}{Q_{pa}}, \quad (3.10)$$

e

$$\gamma = \frac{t_{cb}}{t_{ca}} = \frac{t_{pb}}{t_{pa}}, \quad (3.11)$$

respectivamente, e, a partir destas, define-se a relação entre o volume armazenado (V_s) e o volume escoado após a urbanização (V_a) como

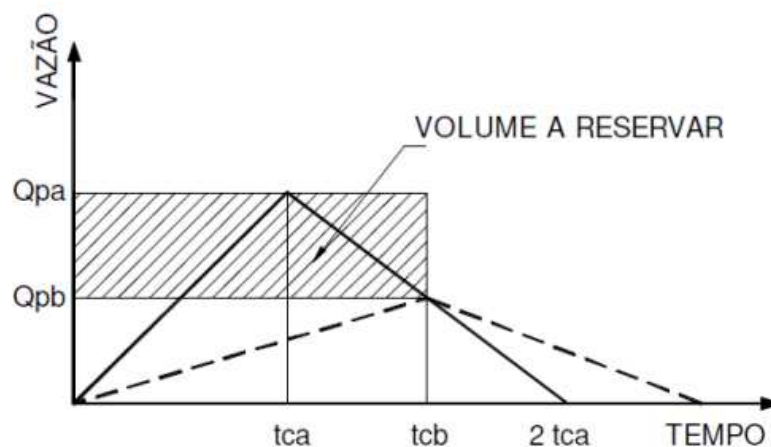
$$\frac{V_s}{V_a} = \begin{cases} \frac{\gamma + \alpha + \gamma * \alpha * (\gamma + \alpha + 4)}{\gamma - \alpha} & \forall \alpha < 2 - \gamma \\ \frac{\gamma - \alpha}{\gamma + \alpha}, & \forall \alpha \geq 2 - \gamma \end{cases} \quad (3.12)$$

3.4.1.2 Método do hidrograma da fórmula racional

Similar ao hidrograma do método generalizado, o método do hidrograma da fórmula racional também leva em consideração os tempos de concentração da região onde é implementado, entretanto simplifica o cálculo do volume do RD, conforme ilustrado na Figura 10, sendo esse dado por

$$V = (Q_{pa} - Q_{pb})t_{cb}. \quad (3.13)$$

Figura 10 – Representação gráfica da aplicação do método do hidrograma da fórmula racional para estimativa do volume do RD.



Fonte: Adaptado de Assunção (2012).

3.4.1.3 Formulação de Maidment

A formulação de Maidment também é fundamentada no método racional. Assunção (2012) comenta que Maidment (1993) determinou o volume dos reservatórios de retenção em áreas pequenas a partir da equação (3.9). Para autor, nessa aplicação, a utilização de cálculos complexos não se justificava. Maidment estima o volume do reservatório abatendo-se do volume efluente (V_e) à bacia seu afluente (V_a). Sendo assim

$$V_a = \frac{C * i * A * t}{3,6}, \quad (3.14)$$

e

$$V_e = k * Q_e * t \quad (3.15)$$

em que

V_a = volume afluente ao reservatório (m^3);

V_e = volume efluente ao reservatório (m^3);

i = intensidade da chuva de projeto ($mm\ h^{-1}$);

k = fator de ajuste entre o pico das vazões afluentes e efluentes;

Q_e = vazão efluente ao reservatório de retenção ($m^3\ s^{-1}$).

3.4.1.4 Método legislativo de Belo Horizonte

Belo Horizonte foi o primeiro município brasileiro a publicar legislação específica sobre o controle do escoamento, por meio da Lei 7.166 (Belo Horizonte, 1996), que estabeleceu que os lotes edificados devem respeitar taxas de permeabilidade mínimas de 10% a 30%. Além disso, para casos em que a impermeabilização seja superior ao limite estabelecido pela lei, é necessário que seja implantado no lote um dispositivo de retenção de águas pluviais, na proporção de 30 litros por metro quadrado de terreno impermeabilizado que exceda o limite estabelecido.

3.4.1.5 Método Numérico

O método numérico para reservatórios de detenção é bastante similar ao método prático australiano para reservatórios de retenção (seção 3.4.2). A estimativa do volume de detenção é baseada no método das diferenças finitas, utilizando o balanço de massas com o auxílio da equação da continuidade. A equação 3.16 reflete o cálculo das massas envolvidas nesse processo. Vale ressaltar que, para essa estimativa, são desconsideradas perdas por infiltração, evaporação ou qualquer outra forma de retirada de água do sistema, exceto a vazão efluente (ASSUNÇÃO, 2012). Sendo assim tem-se

$$\Delta V = Q_a(t) - Q_b(t) \quad (3.16)$$

em que

ΔV = variação do volume para um tempo qualquer;

$Q_a(t)$ = vazão afluente ao reservatório num instante qualquer;

$Q_b(t)$ = vazão efluente ao reservatório num instante qualquer.

Para o cálculo do volume reservado no dispositivo de detenção, é utilizado um algoritmo simplificado de integração numérica. Em cada intervalo de tempo ΔV , é calculada uma variação ΔV correspondente e procede-se, de forma iterativa, à soma de cada variação de volume para esticar o tamanho do reservatório. O volume estimado para o reservatório é numericamente igual ao valor máximo encontrado na soma de todas as variações de volume. A equação

$$V_n = V_{n-1} + \Delta V_n \quad (3.17)$$

apresenta a rotina que deve ser implementada para o cálculo do volume em que

V_n = volume total da aproximação n ;

V_{n-1} = volume total da aproximação $n - 1$;

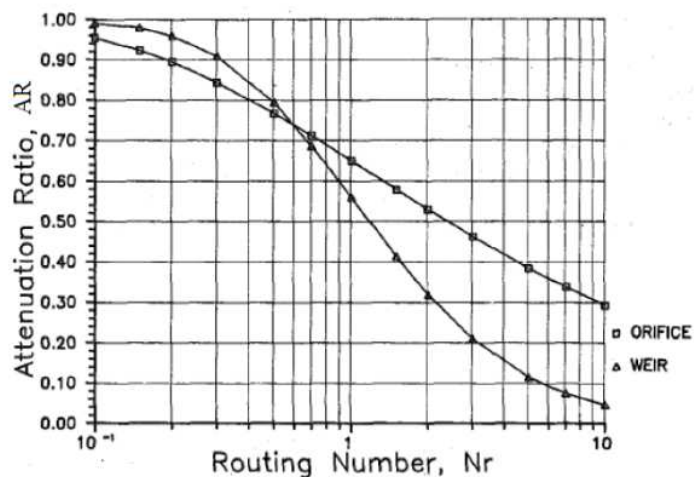
ΔV_n = variação do volume da aproximação n .

3.4.1.6 Método de Horn

Os métodos hidráulico-hidrológicos levam em consideração as características construtivas dos mecanismos de descarga de água do RD, dando a eles, em geral, uma maior precisão no cálculo do volume do reservatório.

Silva (2017) menciona o método desenvolvido Horn (1987) que foi trabalhado, de forma gráfica, com mais abrangência posteriormente por Akan (1989). Conforme ilustrado na Figura 11, Horn atrelou a taxa de atenuação dos picos da vazão efluente em relação a afluente (AR) a um “número de routing” denominado N_r .

Figura 11 – Método de Horn.



Fonte: Adaptado de Horn (1987).

O N_r que foi disposto para dispositivos de saída em forma de orifício e em forma de vertedouro, é então usado do cálculo do volume do RD por meio da fórmula

$$V = N_r * AR^\alpha * t_{pa} * Q_{pa} \quad (3.18)$$

em que α é a relação entre V e a descarga efluente do RD.

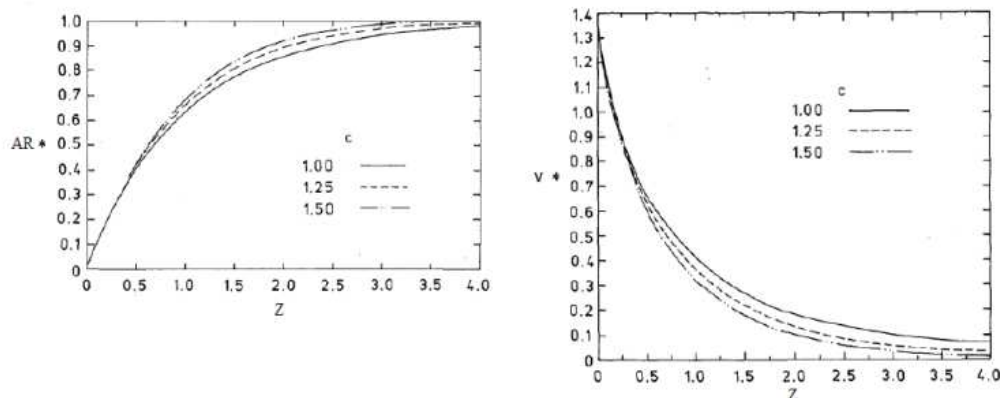
3.4.1.7 Método de Akan

Baseado na equação da continuidade, Akan (1989) relaciona ambos o volume do RD e a razão de atenuação R com um valor adimensional Z, um parâmetro referente ao hidrograma da vazão afluente, e um fator c, definido a partir das características da parede da bacia. O método gráfico, ilustrado na Figura 12, se sobressai quando comparado ao método supracitado pois esse último foi desenvolvido a partir de um único período de retorno.

3.4.1.8 Método de Porto

A metodologia proposta por Porto (2003) é ainda mais abrangente quando comparada com seus predecessores. Ele adiciona mais parâmetros à metodologia previamente estabelecida, tanto para reservatórios com saída em forma de orifício quanto em forma de vertedouro, conquistando assim uma precisão ainda maior na estimativa do volume necessários aos reservatórios de retenção.

Figura 12 – Método de Akan.



Fonte: Adaptado de Akan (1989).

$$\psi = \frac{K}{Q_{pa}} * \left(\frac{Q_{pa} * t_{pa}}{b} \right)^{\frac{1}{2c}} * \left(\sqrt{\frac{2\pi}{n}} \right)^{\frac{1}{2c}-1} * V^{\frac{1}{2c}} \quad (3.19)$$

$$B = \frac{(Q_{pa} * t_{pa} * \sqrt{\frac{2\pi}{n}})^{\frac{1}{c}}}{h_v * b^{\frac{1}{c}}} \quad (3.20)$$

$$E = \frac{h_v * J^{\frac{2}{3}}}{\left(\sqrt{\frac{2\pi}{n}}\right)^{\frac{2}{3}} * Q_{pa}^{\frac{2}{3}}} \quad (3.21)$$

em que

E = parâmetro adimensional que leva em conta as características do vertedor e do hidrograma efluente;

Ψ = parâmetro adimensional que leva consideração as características do orifício e do hidrograma afluente;

n = parâmetro adimensional que reflete a forma do hidrograma afluente;

k = coeficiente dependente do aspecto e do tamanho do dispositivo de descarga do volume acumulado no RD;

J = parâmetro que representa as constantes que permitem o cálculo da vazão em um vertedouro;

B = valor adimensional que liga a topografia do reservatório e a diferença de altura entre a cota e o orifício de descarga ao hidrograma afluente

h_v = altura da soleira do vertedouro;

b = coeficiente da curva de cota.

3.4.2 Reservatórios de retenção

Os reservatórios de retenção são sistemas que visam diminuir o desperdício da água da chuva e não costumam permanecer ociosos por longos períodos de tempo. Isso porque seu dimensionamento geralmente é realizado objetivando atender as demandas locais durante períodos que variam entre dias, meses ou até mesmo por todo o ano (AMORIM; PEREIRA, 2008). Soares, Roesner e Gonçalves (2000) *apud* May (2004) categorizaram as diversas metodologias para se calcular o volume dos RR em quatro grandes grupos: os métodos determinísticos, que utilizam dados de

precipitação e analisam a demanda por meio da curva de massas; os métodos de análise de sistema, que por meio de relações não lineares ou programação dinâmica conseguem estimar o volume do RR; os métodos de modelação, também conhecidos como métodos probabilísticos; e, por fim, os métodos aproximados, que tem como base relações empíricas conhecidas. Alguns dos métodos mais utilizados nas metrópoles brasileiras estão dispostos na NBR 15527 (2007), sendo eles: o método de Azevedo Neto, o método prático alemão, o método prático inglês, o método prático australiano, o método da simulação e o método de Rippl.

3.4.2.1 Método de Azevedo Neto

Também conhecido como o método prático brasileiro (AMARAL; BEMFICA, 2013b), o método de Azevedo Neto determina que o volume (V) do RR é dado por

$$V = 0,042 * P_{anual} * AC * T, \quad (3.22)$$

em que

P_{anual} = a precipitação média anual (mm);

T = número de meses de baixa precipitação;

AC = área de captação (m^2).

3.4.2.2 Método prático inglês

O método empírico conhecido como método prático inglês, diferente do método anterior, ignora a análise referente à baixa precipitação e define o volume por

$$V = 0,05 * P_{anual} * AC. \quad (3.23)$$

3.4.2.3 Método prático alemão

Simplificando ainda mais a análise feita nos métodos supracitados, o método alemão adota V como o menor valor entre 6 % do volume anual de consumo de água pela residência (C_{anual}) ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável (D_{anual}), ou seja

$$V = 0,06 * \min(C_{anual}, D_{anual}). \quad (3.24)$$

A grande vantagem desse método é que ele pode desconsiderar a área de contribuição no cálculo do volume do RR, o que pode ser irrelevante em algumas aplicações, mas para o método desenvolvido nesse trabalho se mostrou imprescindível.

3.4.2.4 Método de Rippl

Também conhecido como método do diagrama de massas, o Método de Rippl aparece com muita recorrência na bibliografia dos trabalhos que tratam dos reservatórios de retenção. O método, criado no final do século XIX, recebe críticas frequentes quanto a sua utilização porque, como foi originalmente desenvolvido para grandes reservatórios, ele ocasionalmente superestima o valor de armazenamento necessário para suprir a demanda dos consumidores (AMORIM; PEREIRA, 2008). Campos (2004), entretanto, ressalta que quanto maior a frequência dos dados pluviométricos, melhor é a precisão da estimativa, de tal forma que a utilização de dados diários torna o método suficientemente satisfatório.

Pelo método de Rippl, o volume é dado por

$$V = \sum S(t), \forall S(t) > 0 \quad (3.25)$$

em que

V = Volume fixo do RR;

$S(t)$ = Volume de água no reservatório no tempo t .

O $S(t)$ é dado pela diferença entre o volume de água captada pela área de contribuição e despejada no reservatório (v_i) e o volume de água que é utilizado para consumo (v_c), ou seja

$$S(t) = v_c(t) - v_i(t). \quad (3.26)$$

É importante ressaltar que, para esse método funcionar, é preciso assegurar que $\sum v_c(t) < \sum v_i(t)$, pois, caso contrário, nenhum V conseguiria suprir a demanda de água requerida. No método de Rippl, o v_i é dado por

$$v_i(t) = K * AC * P \quad (3.27)$$

em que

P = precipitação total diária

K = coeficiente de contribuição que indica o percentual do volume precipitado na AC que efetivamente entra no reservatório. Em outras palavras, ele reflete as perdas que ocorrem nos equipamentos colocados antes do reservatório, como calhas, filtros, perdas por evaporação e equipamentos para retirada do escoamento inicial.

3.4.2.5 Método da Simulação

O método da simulação utiliza a equação da continuidade para estimar o volume do RR ignorando perdas referentes a evaporação. Utilizando a uma base de tempo mensal, por meio da equação (3.27) determina-se o volume captado e transportado ao reservatório, e então, tem-se que

$$S(t) = v_i(t) + S(t - 1) - v_c(t), \quad (3.28)$$

e

$$0 \leq S(t) \leq V \quad (3.29)$$

em que

$S(t)$ = Volume de água no reservatório no tempo t ;

$S(t - 1)$ = Volume de água no reservatório no tempo $t - 1$;

V = Volume fixo do RR.

3.4.2.6 Método prático australiano

Diferente das duas metodologias anteriores, o método prático australiano estima o v_i como

$$v_i = R_{(P)} * AC, \quad (3.30)$$

onde

$$R_{(P)} = \begin{cases} (P - R_{ff}) * K & \forall P \geq R_{ff} \\ 0 & \forall P < R_{ff}, \end{cases} \quad (3.31)$$

em que

$R_{(P)}$ = precipitação líquida (mm);

R_{ff} = a primeira descarga do dia (mm);

É importante destacar que o R_{ff} é uma primeira parcela da lâmina precipitada que é descartada com o intuito de melhorar a qualidade geral da água armazenada uma vez ele normalmente contém impurezas depositadas no telhado. A literatura indica que um valor para R_{ff} entre 1 e 2 mm por chuva é suficiente para ter impactos positivos significativos na qualidade da água (SOUZA et al., 2011; KUS et al., 2010; AMIN et al., 2013; STURM et al., 2009).

Aplicando a equação (3.28) para a base de dados utilizada no método, o volume do reservatório é estimado por pelo método de tentativa e erro até que o resultado caia no intervalo de confiança estipulado conforme ilustrado no algoritmo a Figura 13.

Figura 13 – Cálculo da confiança do método prático australiano.

```

Require: Confiança ≥ 90%
   $M \leftarrow 12$                                 ▷ Número de meses analisados
   $S(0) \leftarrow 0$ 
   $t \leftarrow 1$ 
   $N_r \leftarrow 0$                                 ▷ Número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda
  while  $t \leq M$  do
     $S(t) \leftarrow v_i(t) + S(t - 1) - v_c$ 
    if  $v_i(t) + S(t - 1) - v_c < 0$  then
       $S(t) \leftarrow 0$ 
       $N_r \leftarrow N_r + 1$ 
    end if
  end while
   $Confiança \leftarrow (1 - \frac{N_r}{M})$ 

```

Fonte: Adaptado da NBR 15527 (2007).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Método para o dimensionamento e operação do RACAP

A diferença básica entre os reservatórios de retenção e detenção é a regra de operação. No RR, a precipitação coletada é armazenada e, posteriormente, utilizada para irrigação, consumo humano ou outras finalidades. No RD, a água é armazenada somente por um curto intervalo de tempo (normalmente menos de um dia), atenuando a vazão de pico do ES sendo posteriormente descarregada (ZAHED FILHO, 2014). Enquanto o esvaziamento constante do RD faz com que ele não consiga disponibilizar água para seus usuários, a postura passiva do RR o limita de efetivamente servir para atenuar picos de vazão. Apesar de quanto maior o RR, mais ele é capaz conceder os mesmos benefícios do RD, dimensioná-lo exclusivamente com esse objetivo eleva desnecessariamente o custo do projeto. Sendo assim, para colher os benefícios de ambos os reservatórios, se fez necessário mesclar suas regras de operações.

A Figura 14 ilustra a dinâmica hidrológica básica em um lote onde tem-se um RACAP. Considera-se que, em um intervalo de tempo qualquer, v_i é o volume que entra no reservatório, v_c é o volume de consumo ou demanda da residência, v_{ex} é o volume extravasado do reservatório e v_d é o volume de deságue (volume de água descartado). A existência de uma v_d controlada é o principal diferencial do RACAP

quando comparado com um RR residencial e esse se faz necessário para que o reservatório proposto consiga não só disponibilizar água para a residência, mas também atenuar picos de escoamento superficial em períodos de precipitação intensa.

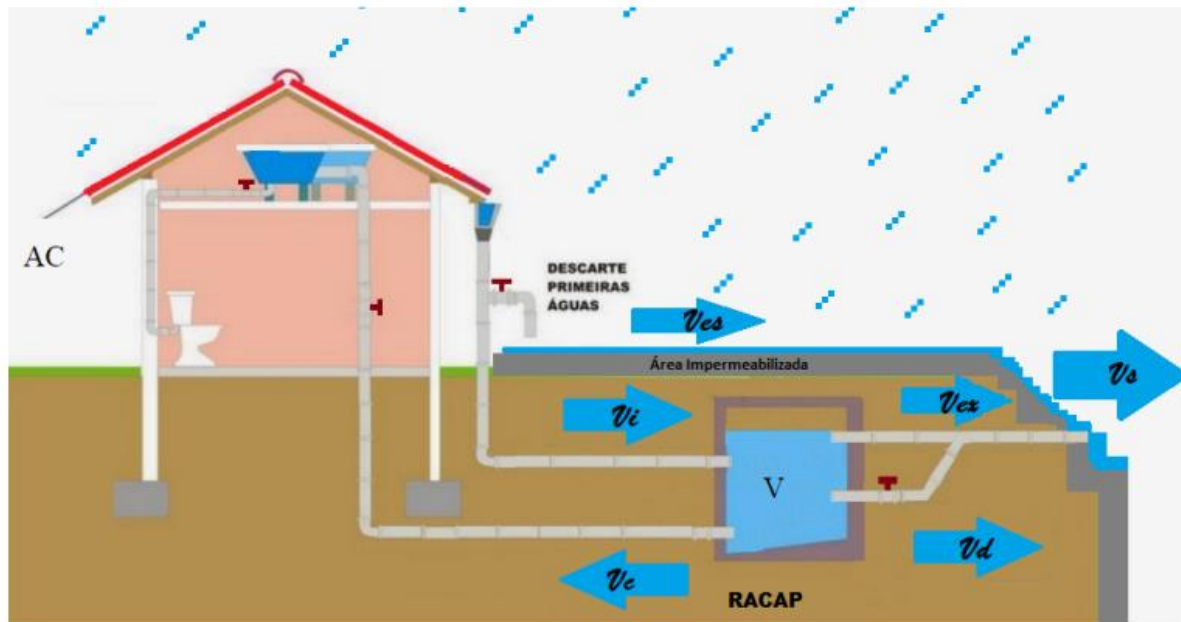
Esse trabalho parte da premissa de que o volume v_d , despejado de forma controlada, configura a atenuação de pico da onda de cheia gerada pelas chuvas e não tem em seu escopo a intenção de especificar a melhor forma de fazê-lo. Isso porque, conforme os métodos descritos na Seção 3.1.1, os tempos de concentração para lotes residenciais de até 400 m², assumindo uma declividade de 0.01 m m⁻¹, geralmente são muito pequenos, menores do que 1 minuto (AGRA, 2001). Esse curto intervalo de tempo caracteriza o escoamento superficial gerado pela chuva em lotes como esses que estejam totalmente impermeabilizado como instantâneo e, dessa forma, quaisquer métodos de drenagem que descarreguem esse volume após a chuva ou mesmo tenha um tempo de drenagem significativamente superior à duração do evento de precipitação atende o requisito proposto.

Assim sendo, a preocupação com a vazão a jusante do lote se resume ao volume total de chuva que não é captado pelo RACAP, ou volume do escoamento superficial v_{es} (L), e ao v_{ex} (L), (Figura 14), pois esses ocorrem de forma concomitante ao evento de precipitação. Esses volumes juntos formam volume de saída não atenuado v_e , conforme equação (4.1).

$$v_{(s)} = v_{(es)} + v_{(ex)}. \quad (4.1)$$

Por fim é importante ressaltar que todos os volumes supracitados são dados em litros e que a análise feita sob a ótica de volume, e não sob a ótica de vazão, torna possível a utilização de uma base de tempo diária no método proposto.

Figura 14 – Esquemático do RACAP.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.1 Dimensionamento do RACAP

O dimensionamento do RACAP é feito a partir das seguintes variáveis essenciais: a estimativa de consumo diário (C), ou consumo nominal; a área de captação (AC); os volumes Volume de detenção (VD), Volume de retenção (VR); e, por fim a máxima vazão de escoamento superficial que será permitido ao lote, expressa em termos do volume máximo diário de ES (v_{smax}).

4.1.1.1 Volume máximo não atenuado de saída (v_{smax})

Como o principal fator da urbanização que ocasiona o aumento da frequência das inundações é a impermeabilização do terreno, é razoável adotar um limite para a vazão máxima de escoamento superficial permitida ao lote. Estabeleceu-se como limite o ES que ocorreria caso toda a sua área fosse coberta por vegetação.

O valor máximo tolerável para essa vazão pode ser livremente estabelecido pelo projetista do reservatório. Nesse trabalho o v_{smax} foi estimado a partir de um hidrograma afluente gerado pelo software Hidrograma 2.1, disponível para download em <http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares> (SILVA et al., 2006). A ferramenta utiliza

o método de balanço de água na superfície do solo, descrito na Seção 3.1.3, para poder estimar o ES e por conseguinte o v_{smax} .

4.1.1.2 Área de captação

A segunda variável que deve ser dimensionada é a área de captação do RACAP. Como o reservatório possui duas finalidades, é preciso assegurar que a sua AC o permita atender ambos os objetivos de atenuar os picos de escoamento superficial e suprir a demanda d'água, para fins não nobres, da residência. Sendo assim a AC mínima (AC_{min}), em m^2 , precisa ser calculada de duas maneiras distintas de forma que o maior valor entre elas prevaleça.

O objetivo é possibilitar que o RACAP atenda o consumo de água nominal da residência em litros (C). Portanto é preciso que a AC seja

$$\frac{C}{R_{(Pmed)}} \leq AC_{min1} \leq AT, \quad (4.2)$$

onde $Pmed$ é a precipitação média diária da série pluviométrica, AC_{min1} é a primeira forma de cálculo de AC_{min} e AT é a área total do lote. É importante ressaltar que em situações em que $AT < \frac{C}{R_{(Pmed)}}$, a capacidade pretendida fica impossibilitada.

O segundo objetivo do RACAP é assegurar que $v_s \leq v_{smax}$ e, para tanto, é imprescindível limitar o escoamento superficial (v_{es}) por meio da captação de uma quantidade mínima de água. Dessa forma é necessário a definição da lâmina de chuva de projeto (P_{max}). Como critério, estabeleceu-se que este valor é igual à maior precipitação presente no registro histórico pluviométrico diário da região de interesse. Sendo assim

$$\frac{P_{max}AT - v_{smax}}{R_{(Pmax)}} \leq AC_{min2} \leq AT. \quad (4.3)$$

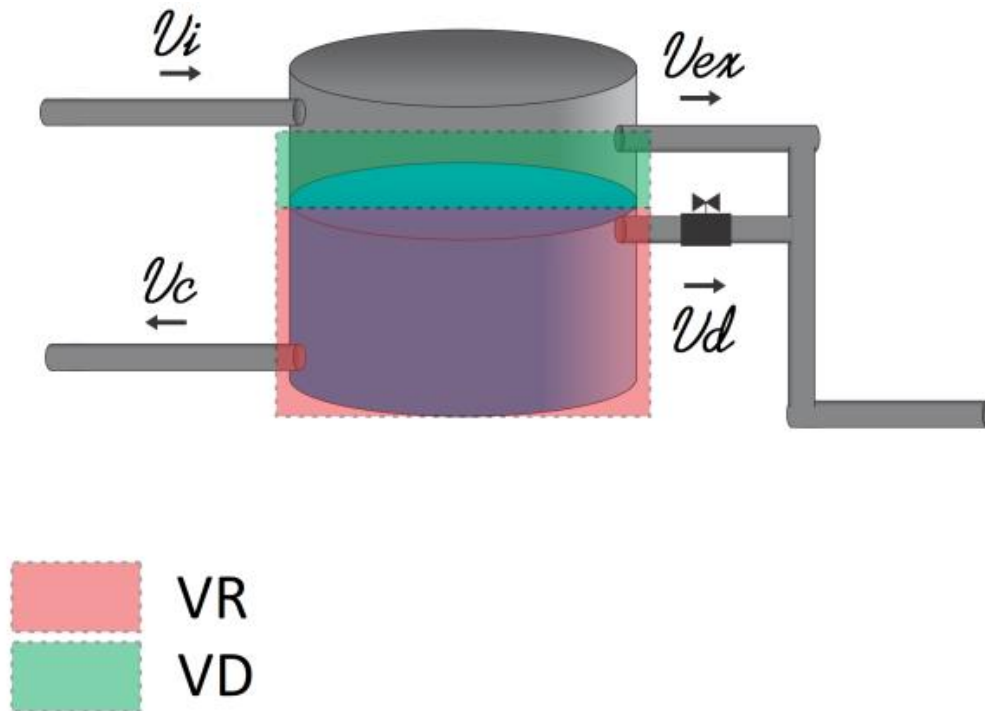
Por fim,

$$AC_{min} = \begin{cases} AC_{min1} & \forall AC_{min1} > AC_{min2} \\ AC_{min2} & \forall AC_{min1} \leq AC_{min2} \end{cases} \quad (4.4)$$

4.1.1.3 Volume do reservatório

Como o RACAP (Figura 15) possui dois volumes com finalidades distintas, VR e VD, eles são estimados individualmente.

Figura 15 – Divisões do volume do reservatório em VR e VD.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De posse do valor de AC_{min2} , descrito anteriormente, o VD é calculado utilizando o valor da maior precipitação da série pluviométrica, ou seja

$$VD = R_{(Pmax)} * AC_{min2}. \quad (4.5)$$

Para o dimensionamento do VR, utilizando-se o método prático alemão, (Seção 3.4.2), onde adota-se o volume como o menor valor entre 6 % do volume anual de consumo de água pela residência ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável. Não apenas por sua simplicidade, o método alemão foi escolhido porque ele consegue estimar o volume unicamente com base no consumo C. Isso é uma vantagem porque, como explicado anteriormente, a AC do RACAP tem de ser suficiente para atender a duas finalidades e, portanto, os métodos que levam em

consideração tanto essa última como o volume de água que entra no reservatório acabam por superdimensioná-lo desnecessariamente.

Por fim, o volume total do RACAP (V) é dado por

$$V = VR + VD. \quad (4.6)$$

4.1.2 Regras de operação

O método desenvolvido propõe que a regra de operação na qual o RACAP opera dependa do período do ano em que ele se encontra. Enquanto a propensão à ocorrência de enchentes e inundações for pequena, o RACAP irá funcionar como um RR tradicional de volume V . Esse modo de operação será chamado de dinâmica de retenção (DR).

Em contrapartida, no intervalo do ano em que o risco dessas catástrofes é maior, ou período crítico (PC), somente o VR será utilizado como RR pois o VD fica destinado para atuar como um RD independente, ou seja, esvaziando-se diariamente. Essa dinâmica do RACAP será chamada dinâmica mista (DM).

4.1.2.1 Determinação do período crítico

O PC é determinado a partir de registros fluviométricos diários medidos em uma estação localizada logo a jusante da área de interesse. Para defini-lo é preciso traçar a curva de permanência utilizando a metodologia descrita na Seção 3.1.2 e em seguida obter a $Q_{5\%}$ vazão essa que foi escolhida como valor de referência para indicar risco de ocorrências de enchentes. Dessa forma define-se o PC como o período do ano com a maior concentração de valores maiores ou iguais a $Q_{5\%}$, conforme explicitado na sequência.

Para o estabelecimento do PC, primeiramente reorganizam-se todos os dados da série histórica dentro de 24 quinzenas e, em seguida, é feita a contagem da quantidade de dados de vazão maiores do que a $Q_{5\%}$ dentro de cada quinzena. Faz-se então a média da quantidade valores de valores de vazão superiores à $Q_{5\%}$ em cada quinzena e, por fim, estabelece-se o PC como as quinzenas nas quais a quantidade de dias com vazão superior à $Q_{5\%}$ seja superior a essa.

4.1.2.2 Dinâmica de retenção

A dinâmica de retenção do RACAP em nada difere do funcionamento comum de um reservatório dedicado puramente de retenção. A altura da lâmina precipitada em um dia (P) na AC desses reservatórios é conduzida ao RACAP, sendo que a parcela dessa água que efetivamente entra no reservatório (v_i) é dada igual ao método prático australiano (Seção 3.4.2). Nesse trabalho sugere-se o valor de $K = 0.8$ (LANCASTER, 2006; PRUSKI; RODRIGUEZ; SINGH, 2016). A partir do v_i pode-se calcular o volume máximo, em litros, que o reservatório consegue atingir no dia ($S_{pico}(t)$) a partir da equação

$$S_{pico}(t) = S(t - 1) + v_i(t) - v_{ex}(t), \quad (4.7)$$

em que

$$v_{ex}(t) = \begin{cases} 0, & \forall S(t) + v_i(t) \leq V \\ S(t) + v_i(t) - V, & \forall S(t) + v_i(t) > V \end{cases} \quad (4.8)$$

e

$$v_{es}(t) = P * AT - v_i(t), \quad (4.9)$$

em que $S(t - 1)$ é o volume do reservatório ao final do dia anterior.

Da mesma forma, $S(t)$ é o volume do reservatório ao final do dia em que a precipitação ocorreu e é dado por

$$S(t) = S_{pico}(t) - v_c(t), \quad (4.10)$$

e

$$v_c(t) = \begin{cases} S_{pico}(t), & \forall S_{pico}(t) \leq C \\ C, & \forall S_{pico}(t) > C. \end{cases} \quad (4.11)$$

É importante fazer a diferenciação entre $S(t)$ e $S_{pico}(t)$ porque, diferente dos volumes v_s , v_{es} e v_{ex} (equação (4.1)), o v_c ocorre ao longo de todo dia e não exclusivamente durante as chuvas.

4.1.2.3 Dinâmica mista

A dinâmica mista objetiva a atenuação das ondas de cheia geradas pelo escoamento superficial inerente aos eventos de precipitação. A DM só substitui a DR durante o PC e a funcionalidade adicional se dá por meio da adição do v_d , que é responsável por esvaziar completamente o volume de detenção. Como mencionado anteriormente, esse trabalho parte da premissa de que o volume v_d , despejado de forma controlada, configura a atenuação de pico da onda de cheia gerada pelas chuvas e, dessa forma, não ocorre simultaneamente ao v_s . Então, diferente da dinâmica anterior, o volume do reservatório ao final do dia é dado por

$$S(t) = S_{pico}(t) - v_c(t) - v_d(t), \quad (4.12)$$

onde

$$v_d(t) = \begin{cases} 0, & \forall S(t) \leq VR \\ S(t) - VR, & \forall S(t) > VR \end{cases}. \quad (4.13)$$

É importante reforçar que apesar de o v_d poder ser descarregado de forma lenta ou defasado em relação ao v_s , ainda assim optou-se por estimar seu valor considerando que ele ocorre antes do v_c , de forma que, ao final de um dia, $S(t) \leq VR - C$ sempre que o RACAP opera na DM.

4.1.2.4 Algoritmo da regra de operação do RACAP

O algoritmo da Figura 16 ilustra ambas as dinâmicas, DM e DR, do RACAP.

4.2 Estudo de Caso

Além do desenvolvimento da metodologia para operar e dimensionar o RACAP de forma a ser aplicável na maioria das residências brasileiras, um estudo de caso foi feito com base nos dados da região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Essa região foi escolhida por sofrer com problemas de enchentes recorrentes (SIMOES;

JARDIM; PARIZZI, 2012) e ocasionalmente com problemas de escassez hídrica (MAGALHAES et al., 2017) e rodízio de água (GONTIJO; SENA, 2022).

Figura 16 – Algoritmo do RACAP.

```

M                                     ▷ Número de dados de precipitação
S(0) ← 0
t ← 1
VR
VD
V = VR + VD                           ▷ Volume máximo do RACAP
C                                     ▷ Consumo de água nominal
while t ≤ M do
    ves(t) ← Pi * AC - vi(t)
    if vi(t) + S(t - 1) > V then
        vex(t) ← vi(t) + S(t - 1) - V
        S(t) ← V
    else
        vex(t) ← 0
        S(t) ← vi(t) + S(t - 1)
    end if
    if PC then                           ▷ O reservatório está operando durante o período crítico?
        if S(t) > VR then
            vd(t) ← S(t) - VR
            S(t) ← VR
        else
            vd(t) ← 0
        end if
    else
        vd(t) ← 0
    end if
    if S(t) < C then
        vc(t) ← S(t)
        S(t) ← 0
    else
        S(t) ← S(t) - C
        vc(t) ← C
    end if
    vs(t) ← vex(t) + ves(t)               ▷ O vd(t) não foi incluído
end while

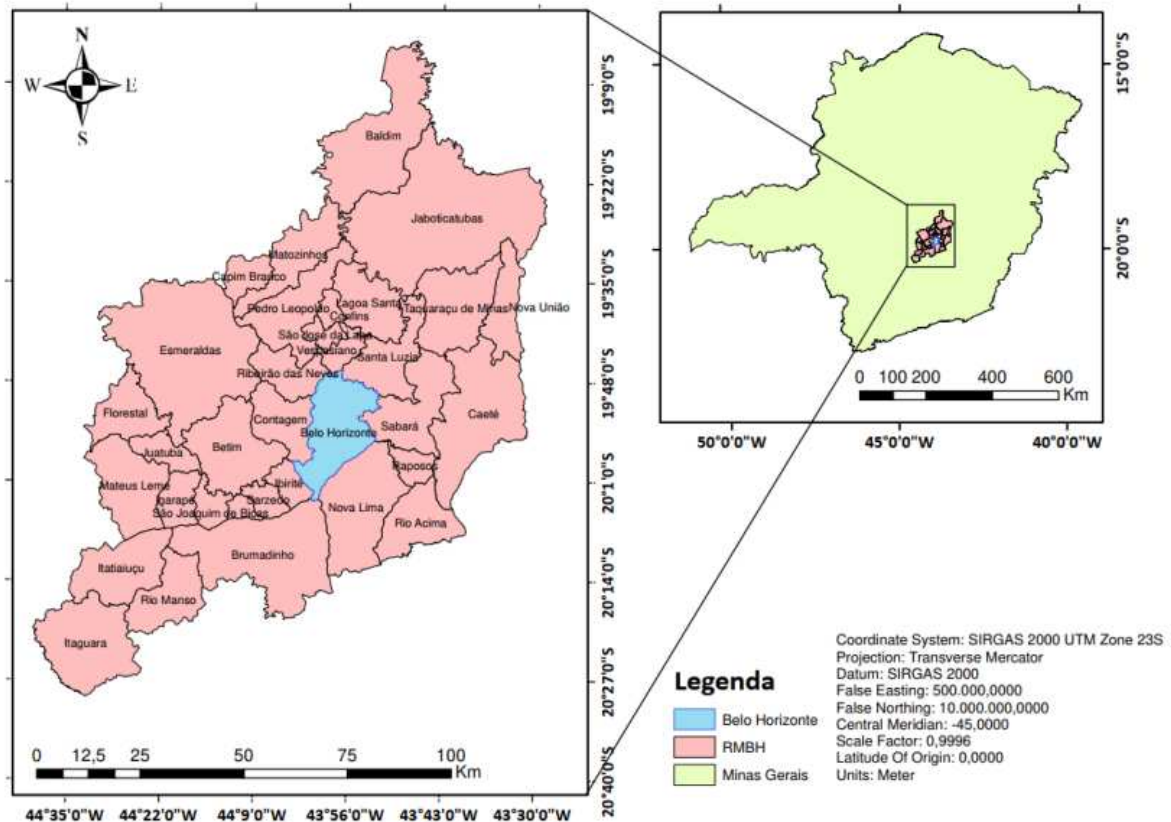
```

Fonte: Elaborado pelo autor.

A região é composta por 34 municípios (Figura 17) e drenada pelo Rio das Velhas e pelo Rio Paraopeba, está localizada na porção central de Minas Gerais. Segundo o censo demográfico do IBGE realizado em 2010, a região tem mais de 5,8 milhões de habitantes distribuídos em uma área de 9468 km². Somente Belo Horizonte conta com 2,5 milhões de habitantes, abrange uma área de 331 km² e é a sexta maior

cidade do Brasil. A capital tem o quinto maior produto interno bruto (PIB) do Brasil (R\$ 88,2 bilhões), que representa 1,3% do total nacional, enquanto a RMBH como um todo atinge um PIB de aproximadamente R\$ 136 bilhões (NUNES, 2018; IBGE, 2020).

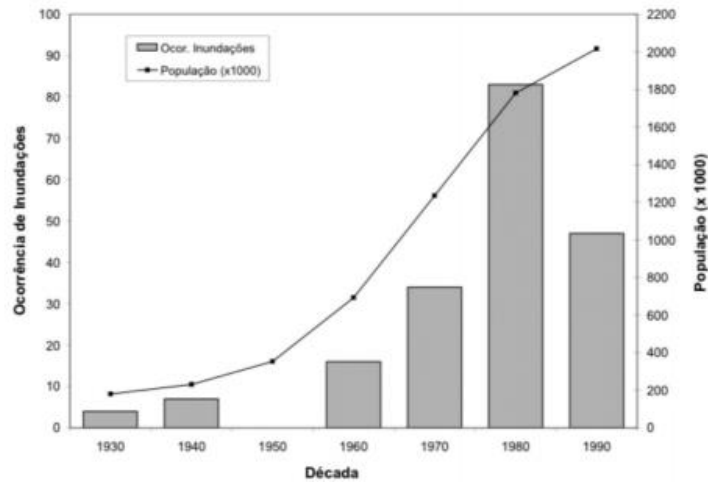
Figura 17 – Região metropolitana de Belo Horizonte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa metrópole ainda apresenta um expressivo crescimento populacional e tem se mostrando uma relevante região de atração populacional. Souza (2008) afirma que a RMBH recebeu mais de 244 mil imigrantes interestaduais e intraestaduais entre os anos de 1995-2000, sendo 131 mil recebidos somente por Belo Horizonte. Dessa forma, a capital, que originalmente foi planejada para abrigar 200 mil pessoas, rapidamente, começou a sofrer com os impactos da urbanização, principalmente porque a geometria do projeto desconsiderava a existência de cursos d'água que atravessavam a área urbana, conforme ilustrado na Figura 18 (SOUZA, 2008; CHAMPS, 2012; MONTE-MÓR, 1994).

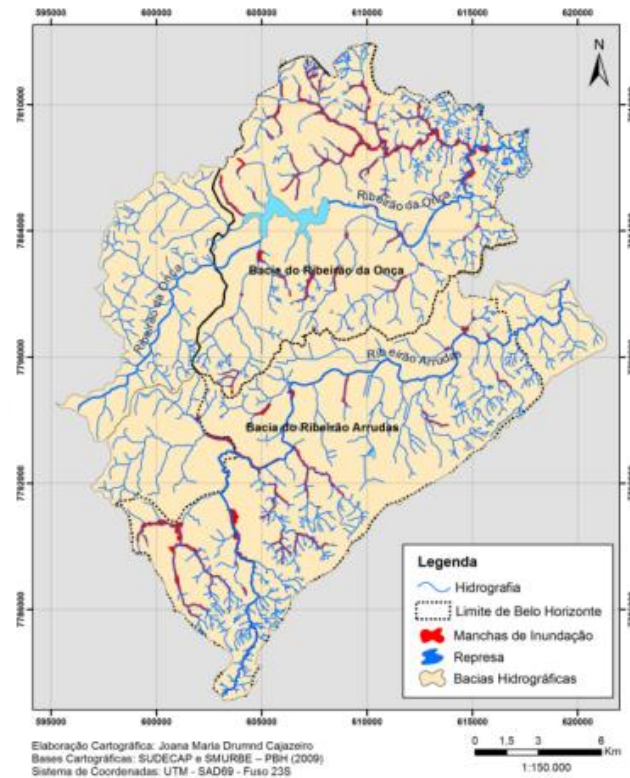
Figura 18 – Evolução populacional x Ocorrências de inundações no município de Belo Horizonte.



Fonte: Retirado de Champs (2012).

Após um século da inauguração da capital mineira é notório que o planejamento urbano não foi capaz de acompanhar o processo de urbanização desordenado do município, pois o expressivo aumento das áreas impermeáveis da cidade elevou a frequência de ocorrência de inundações. Champs (2012) alega que, entre os anos de 1928 e 2000, foram noticiadas aproximadamente 200 enchentes em Belo Horizonte, sendo que 69,5% desses eventos foram concentrados nas duas últimas décadas. Somente na avenida Cristiano Machado, contaram-se 8 eventos de inundação entre 2011 e 2012 que ocorreram entre dezembro e março. Simões, Jardim e Parizzi (2012) caracterizam o local como tendo alta susceptibilidade à ocorrência dessas catástrofes. Apesar de os esforços públicos para expandir o sistema de drenagem da região central da cidade terem diminuído a ocorrência de inundações, o avanço da urbanização impôs o risco de ocorrência dessas catástrofes a territórios mais periféricas, como ilustrado na Figura 19.

Figura 19 – Mapa de inundações de Belo Horizonte.



Fonte: Retirado de Cajazeiro (2011).

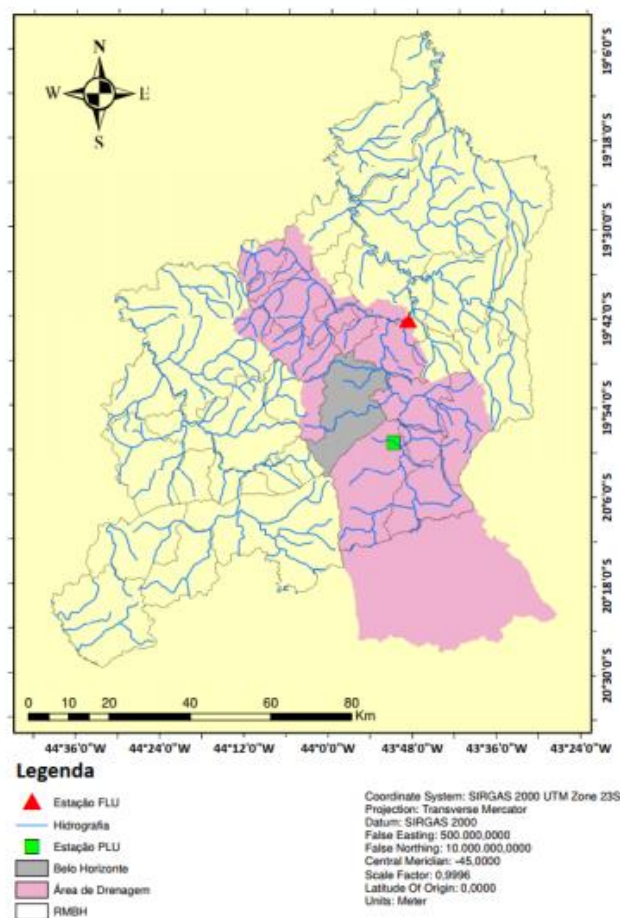
Nesse contexto, o crescimento constante da demanda hídrica da RMBH pressiona cada vez mais o sistema de abastecimento da região, especialmente em anos com índices baixos de precipitação, a exemplo de maio de 2015, quando a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) registrou que o Sistema Paraopeba, responsável por parte do abastecimento da população local, operava com 38,7% de sua capacidade, enquanto em 2013 ele operava com 92% (CHENNA, 2016). Ademais, o consumo de água da população da RMBH é bastante inelástico quando sujeito a políticas que visam sua diminuição pontual por meio do aumento das tarifas (MAGALHAES et al., 2017).

O clima da região, segundo o IBGE, está inserido nas classificações Clima Tropical Brasil Central Subquente, com média de temperatura entre 15 °C e 18 °C em pelo menos um mês, e Clima Tropical Brasil Central Mesotérmico Brando (NUNES, 2018). Vale ressaltar que a região, que está situada a 857 m de altitude, conta com uma precipitação média anual de 1430 mm e o período chuvoso do ano começa em outubro, se estendendo até março. De acordo com o Instituto Nacional de

Meteorologia, a temperatura média anual de Belo Horizonte é de 20,5°C e a umidade relativa do ar varia entre 70% e 80% (INMET, 2008).

Para esse estudo, utilizaram-se dados hidrometeorológicos diários medidos em uma estação pluviométrica e uma fluviométrica, ilustradas na Figura 20. A estação pluviométrica escolhida é a 01943006 que está localizada na latitude $-19^{\circ}53'29''$ e longitude $-43^{\circ}49'19''$ e conta com dados de 1941 a 2020. A estação fluviométrica 41260000, por sua vez, está localizada na bacia do Rio das Velhas ($-19^{\circ}42'18''$ e longitude $-43^{\circ}48'54''$), um pouco após a foz do Ribeirão das Bicas. Ela conta com 45 anos de dados, compreendidos entre os anos de 1975 e 2021 e a área de contribuição da estação engloba a cidade de Belo Horizonte assim como o local da estação pluviométrica escolhida.

Figura 20 – Área de contribuição da estação fluviométrica 41260000.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados da estação pluviométrica foram usados para gerar uma série histórica sintética por meio da ferramenta Rainfall do software Hydrology Plus, disponível para download em <<https://sites.google.com/view/gprhidro/software>> (SOUSA, 2017). Essa estratégia foi adotada com o intuito de se obter uma série histórica sem falhas durante todo um período de 10 anos. Os dados sintéticos então foram usados na realização das simulações do RACAP.

O cenário que foi adotado para a simulação das dinâmicas do reservatório foi uma residência com uma área impermeabilizada de 180 m² e uma demanda equivalente a 5 pessoas. Marinovski, Ghisi e Gomez (2004) afirmam que a média do consumo diário nos estados brasileiros é de 137 Ld⁻¹, sendo de 35% a 57% referentes a usos não nobres, como rega de jardins, descargas, lavagem de carros, etc. Sendo assim, a simulação foi executada considerando um consumo de 276 Ld⁻¹.

Para estabelecer o valor de v_{smax} , foram inseridos no Hidrograma 2.1 os valores das variáveis como área do terreno, sua inclinação, valor de rugosidade e taxa de infiltração estável dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de entrada das variáveis do Hidrograma 2.1.

Variáveis de entrada do Hidrograma 2.1	Valor	Unidade
Período de retorno (T)	10	anos
K	1533,371	
a	0,194	
b	22,015	
c	0,844	
Declividade	0,01	m/m
Comprimento do terreno	18	m
Largura do terreno	10	m
Taxa de infiltração estável	20	mm/h
Rugosidade do terreno	0,12	$sm^{-\frac{1}{3}}$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma vez feita a simulação, foi averiguada a eficiência do RACAP comparando-o com um reservatório de retenção de mesmo volume e AC. Primeiramente, contrastou-se o v_s com o v_{smax} para toda a série histórica com o intuito de se identificar o impacto causado pela inserção do reservatório. Foram então

contabilizados a quantidade de vezes em que o $v_s > v_{smax}$ dentro e fora do PC, valores esses a partir daqui chamados de λ_{pc} e λ_{npc} respectivamente.

Posteriormente analisou-se a eficiência de atendimento da demanda (EFd), calculada por

$$EFd = \frac{\sum_{i=1}^n v_c(i)}{C * n} \quad (4.14)$$

em que n é a quantidade de dias presentes na série sintética de precipitação.

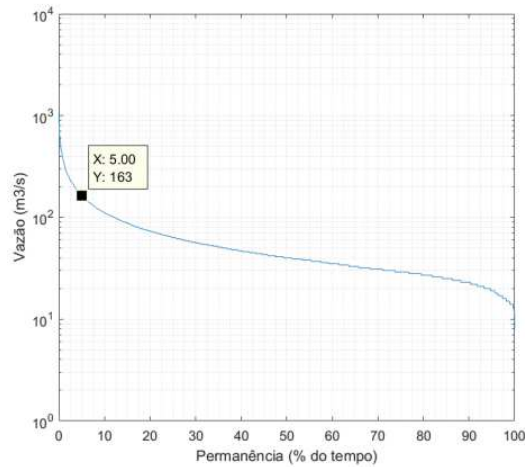
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o intuito de verificar a eficácia da metodologia proposta, foram feitas simulações comparando o RACAP a um reservatório de retenção de mesmas dimensões onde os resultados obtidos foram avaliados com base em diferentes métricas de desempenho. Entretanto, para que essas simulações fossem feitas, primeiro foi necessário determinar quais as dimensões dos reservatórios dentro do estudo de caso proposto. Posteriormente, foi feita uma análise para entender como diferentes variáveis impactam o desempenho do RACAP, deixando assim a metodologia mais propícia de ser adaptada a diferentes cenários.

5.1 Dimensões e comportamento do RACAP

A Figura 21 apresenta a curva de permanência da estação fluviométrica 41260000, com a qual obtido o valor de $Q_{5\%}$ igual a 163 m³/s.

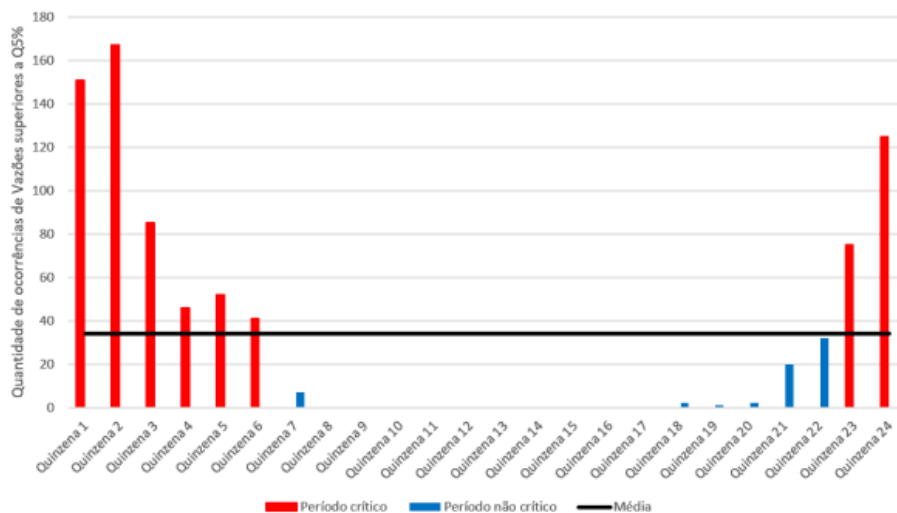
Figura 21 – Curva de permanência da estação fluviométrica 41260000.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio dessa informação, verificou-se que a quantidade média de ocorrências de vazões superiores à $Q_{5\%}$ foi de aproximadamente 34 vezes por quinzena. Conforme ilustrado na Figura 22, observou-se que as quinzenas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 23 e 24 superaram essa média e, por tanto, o PC definido como o conjunto dessas quinzenas.

Figura 22 – Quantidade, por quinzena, de eventos que superaram a $Q_{5\%}$.



Fonte: Elaborado pelo autor.

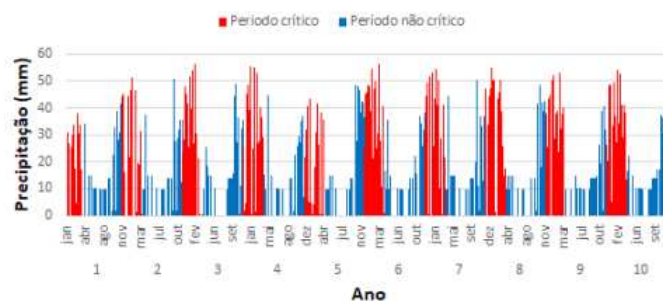
A partir da série sintética de precipitação, presente na Figura 23 e no Apêndice A, extraiu-se as informações necessárias para dimensionar o reservatório. A série

gerada conta com 3649 dias divididos em 10 anos. Ela possui 202 dias chuvosos capazes de gerar um v_s maior que v_{smax} apresentado na sequência.

Na série encontrou-se um $R_{(Pmed)} = 3.44 \text{ mm d}^{-1}$ e, com o consumo médio diário de água da residência igual a 276 Ld^{-1} , obteve-se $AC_{min1} = 80 \text{ m}^2$ por meio da equação (4.2). Também foi obtido $v_{smax} = 5687 \text{ L}$ com auxílio do software Hidrograma 2.1 e, para os valores de $P_{max} = 58 \text{ mm}$ e $RP_{max} = 43 \text{ mm}$ observados, obteve-se $AC_{min2} = 102 \text{ m}^2$. Dessa forma, como $AT > AC_{min2} > AC_{min1}$, então $AC_{min} > AC_{min2}$.

Por fim estimou-se o volume total do RACAP tanto por meio da equação (4.5), que resultou em um $VD = 4448 \text{ L}$, quanto por meio do método alemão, que previu o valor de $VR = 6044 \text{ L}$. Portanto $V = 10\,492 \text{ L}$, o que significa que a adição da capacidade de atenuação dos picos de escoamento superficial aos reservatórios residenciais por meio da metodologia proposta traduziu-se em um aumento de 74% do volume proposto puramente pelo método alemão. A Figura 23 mostra os 10 anos de precipitação da série sintética gerada, distinguindo as chuvas que ocorram dentro e fora do PC e evidenciando a concentração de chuvas mais intensas durante o PC.

Figura 23 – Precipitação diária da série sintética usada na situação hipotética simulada.



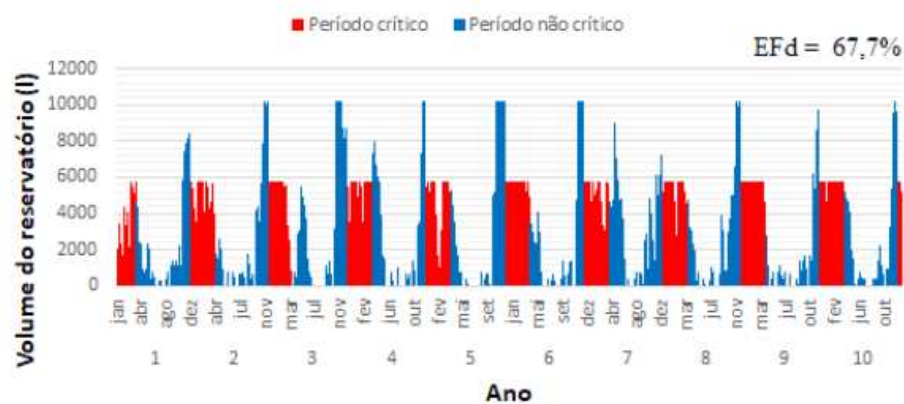
Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim estimou-se o volume total do RACAP tanto por meio da equação (4.5), que resultou em um $V D = 4448 \text{ L}$, quanto por meio do método alemão, que previu o valor de $VR = 6044 \text{ L}$. Por tanto $V = 10\,492\text{L}$, o que significa que a adição da capacidade de atenuação dos picos de escoamento superficial aos reservatórios residenciais por meio da metodologia proposta traduziu-se em um aumento de 74%

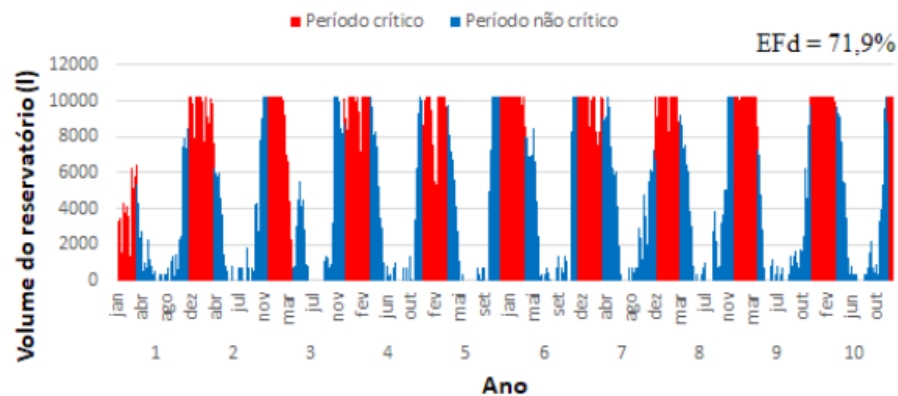
do volume proposto puramente pelo método alemão. A Figura 23 mostra os 10 anos de precipitação da série sintética gerada, distinguindo as chuvas que ocorram dentro e fora do PC e evidenciando a concentração de chuvas mais intensas durante o PC. Utilizando esses dados, foi feito a simulação do volume diário do RACAP e de um reservatório de retenção de mesmo volume e AC, sendo os resultados obtidos apresentados na Figura 24.

Figura 24 – Volume diário dos reservatórios.

(a) RACAP.



(b) Reservatório de retenção.

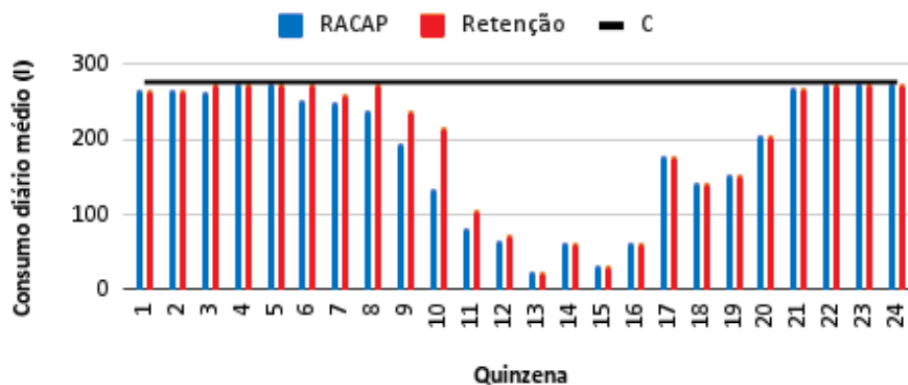


Fonte: Elaborado pelo autor.

Observou-se que o RACAP, assim como o reservatório de retenção, encheu-se completamente antes do PC, o que confirma que a AC foi capaz de captar água o suficiente para abastecê-los. A quantidade média diária de água disponibilizada para consumo em cada quinzena do ano está presente na Figura 25, sendo que a EFd tanto para o RACAP quanto para o RR foi de 67,7% e de 71,9% respectivamente.

O despejo de água para esvaziar o VD somente afetou significativamente a capacidade de fornecer água do RACAP durante as quinzenas 8, 9, 10 e 11, nas quais observaram-se as maiores diferenças entre o consumo atendido pelo RACAP e pelo RR. Isso porque, findo o PC, ambos os reservatórios passam por períodos de baixa precipitações e esvaziam-se. A partir desse ponto, ambos voltam a se comportar de forma idêntica até o próximo PC. Esses resultados mostram que a metodologia proposta pouco reduziu a capacidade do RACAP atender a demanda diária quando comparado com o reservatório de retenção.

Figura 25 – Consumo diário médio por quinzena.

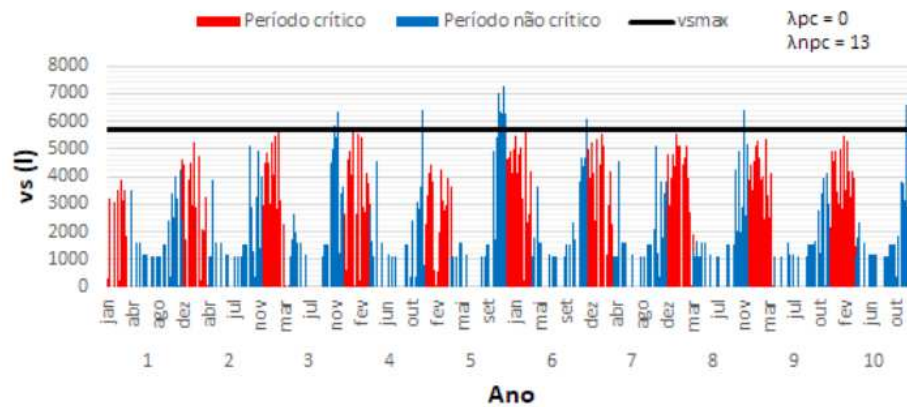


Fonte: Elaborado pelo autor.

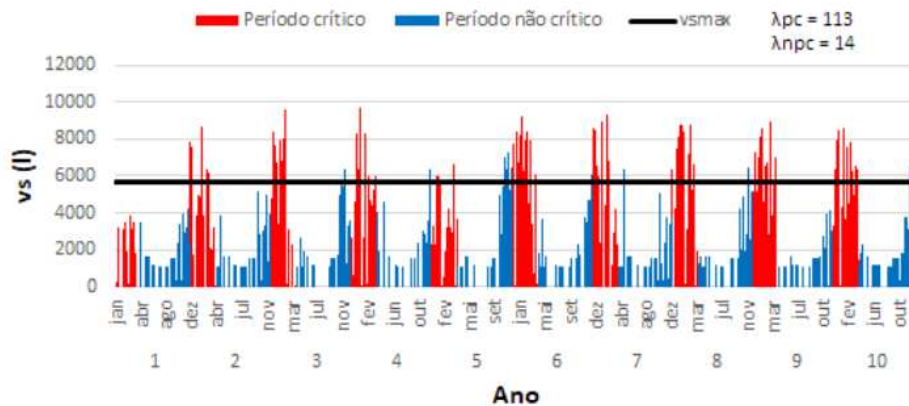
É importante ressaltar também que, a respeito da função de detenção do ES, o RACAP conseguiu $\lambda_{pc} = 0$ enquanto o RR obteve um $\lambda_{pc} = 113$ (Figura 26). Isso significa que o descarte de água promovido pelo RACAP fez com que o escoamento superficial gerado no lote não excedesse a v_{smax} durante o PC. Ademais, mesmo fora do PC, o RACAP conseguiu diminuir o λ_{npc} de 14 para 13, o que indica ainda mais que a metodologia proposta foi capaz de dimensionar um reservatório de atenuação de cheias e aproveitamento de águas pluviais.

Figura 26 – v_s diário dos reservatórios.

(a) RACAP.



(b) Reservatório de retenção.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A metodologia proposta neste trabalho para determinar o PC obteve resultados coerentes pois as quinzenas selecionadas na Seção 5.1 representam apenas 1/3 do ano e mesmo assim, quando somadas, compreendem 92,1% da quantidade total das chuvas capazes de gerar um v_s maior que v_{smax} . Além disso o resultado vai de acordo com outros estudos anteriores na área, como o de Carvalho et al. (2017) que defendeu que a implantação de reservatórios de detenção pode resultar em uma redução de até 64% da vazão máxima de escoamento no exultório da bacia de seu estudo. Segundo Champs (2012), cerca de 50% das inundações na cidade de Belo Horizonte ocorrem nos meses de dezembro e janeiro, reafirmando a importância de se considerar a estação do ano ao planejar medidas preventivas contra enchentes.

França e Guimarães (2019) também destacam o papel dos reservatórios na prevenção de enchentes, argumentando que, tendo em vista um período de retorno

de 10 anos, a utilização de reservatórios de detenção com 5000 litros em 44,7% das 43527 residências no córrego Cachoeirinha, Belo Horizonte, pode reduzir o escoamento superficial e evitar as inundações na região. Como o volume VD do RACAP tem um tamanho similar aos 5000 litros propostos no trabalho citado, presume-se que o RACAP apresente um potencial de atenuação semelhante ao obtido pelos autores, apesar de o RACAP poder ser mais difícil de ser implementado por ter dimensões maiores. Ademais, conforme mostrado na Tabela 4, mesmo a transformação de um RR em RACAP já é suficiente para reduzir substancialmente λ_{pc} , o que corrobora para que essa metodologia possa implementada de forma mais abrangente.

Em contrapartida, o RACAP proposto mostrou apenas uma ligeira perda na Efd em comparação com um reservatório de retenção de mesmo volume em quase todos os cenários avaliados. Este resultado é positivo e indica que a proposta está no caminho certo. Além disso, o RACAP apresentou uma ligeira vantagem nessa Efd em relação à combinação de reservatórios de retenção e detenção, mas ainda há muito potencial para otimização de acordo com as necessidades do projeto.

5.2 Obtendo melhores resultados

Apesar de o resultado da Seção anterior ter atendido os objetivos do trabalho, vale apresentar como o RACAP se comporta quando alguns de seus aspectos são alterados. Isso porque essas informações facilitam a busca por um reservatório otimizado aos olhos de um projetista.

5.2.1 Variando as dimensões

Para as condições hidrometeorológicas da região de interesse, a forma mais simples de se alterar as dimensões do RACAP é por meio dos valores de v_{smax} e C . A Figura 27 representa o impacto dessas variáveis, deixando evidente que quanto maior o v_{smax} , menor o volume e a AC necessários para o reservatório. Entretanto é importante lembrar que o aumento dessa variável representa uma menor atenuação do ES. Já para o C o inverso se torna verdadeiro, quanto maior o consumo nominal requerido, maior o volume e a área sugeridos.

Talvez ainda mais importante do que mostrar como redimensionar o reservatório é entender como suas dimensões (V e AC) afetam os resultados obtidos na Seção 5.1. Tendo em mente os valores para $v_{smax} = 5687 L$ e $C = 276 L$, e que os tanto V D e V R foram proporcionalmente ajustados, os gráficos 28a e 28b mostram um comportamento similar, sendo quanto maior as dimensões do reservatório, mais positivos são seus resultados de λpc e EFd, respectivamente. Entretanto, é válido ressaltar que, enquanto λpc apresenta uma melhora gradativa em intervalos similares, as camadas representadas no gráfico 28b mostram que foi preciso aumentar cada vez mais AC e V para se obter a mesma melhora de EFd.

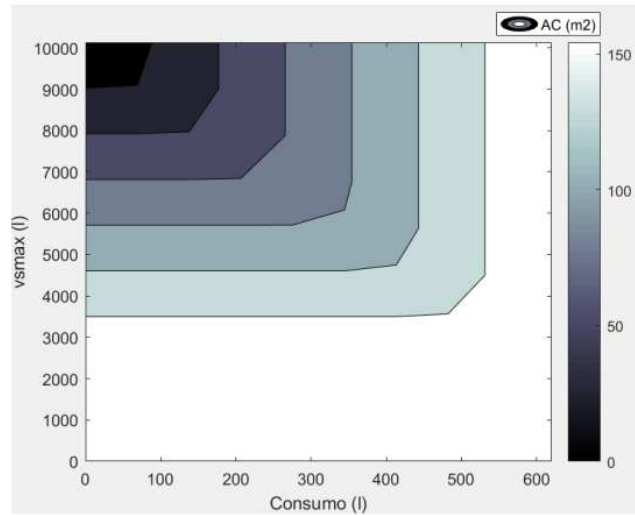
Já a Figura 28c mostrou que λnpc tem um comportamento diferente das variáveis anteriores. Enquanto, num primeiro momento, um aumento da AC durante a DR acarreta na melhora do valor λnpc , após atingida uma região ótima, o aumento da AC piora λnpc pois o RACAP passa a receber mais água e conseqüentemente extravasar com mais frequência.

5.2.2 Variando o PC

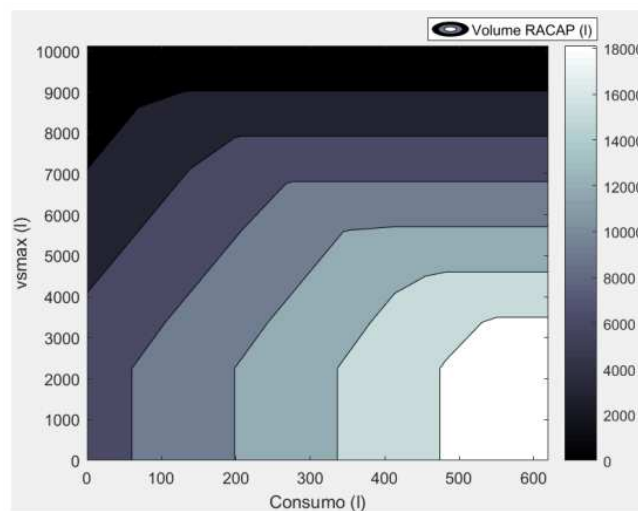
A premissa deste trabalho foi que o PC representa o momento em que a bacia urbana está mais propensa à inundação, entretanto vale expressar o impacto da duração do PC sobre os resultados do RACAP. Sendo assim foram simulados λpc , λnpc e EFd considerando diferentes PC.

Figura 27 – Impacto do C e do v_{smax} no dimensionamento do RACAP.

(a) Superfície de resposta para estimar o valor de AC.



b) Superfície de resposta para estimar o volume do RACAP.



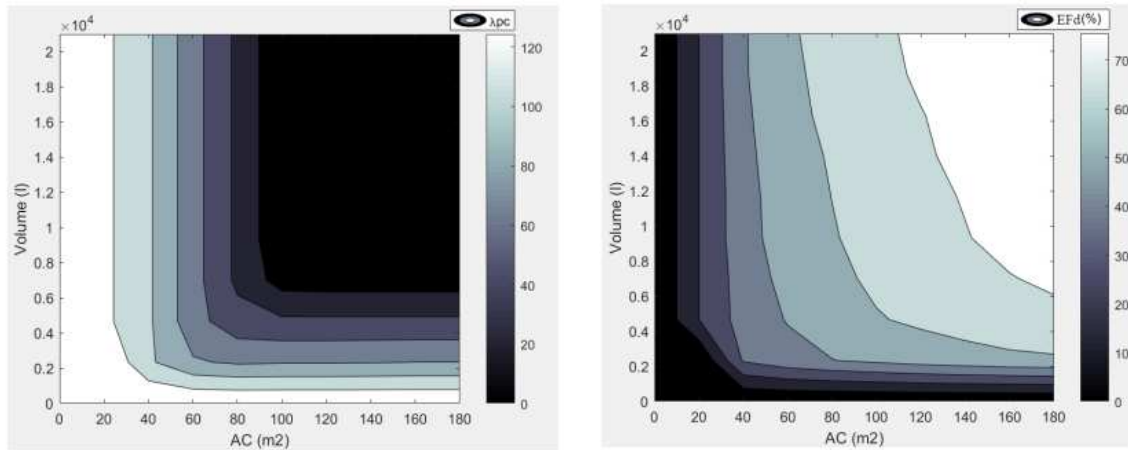
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que houve uma variação de até 0,53% no Efd ao aumentar a duração do PC até que ela ocorra durante todo o ano. Este cenário ilustra o simples acoplamento de um reservatório de retenção a outro de detenção, sem a necessidade de integrá-los para trabalharem juntos. Por outro lado, houve uma melhora de 3,04% ao retirar apenas duas quinzenas da PC, e a continuação da retração da PC não apresentou mais incrementos desse valor.

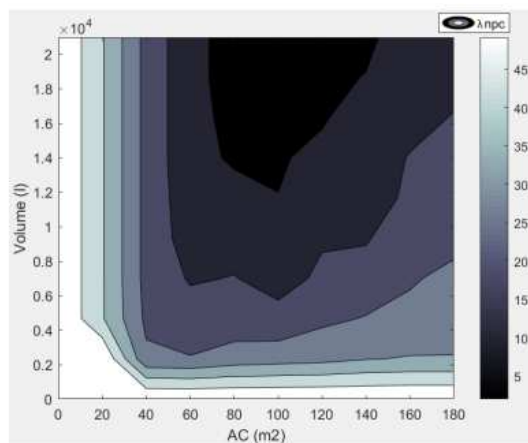
Observou-se uma relação inversa entre a duração da PC e os valores de λ_{pc} , λ_{npc} , tal que conforme a PC diminui, estes valores foram piorando.

Figura 28 – Impacto do AC e do Volume na eficácia do RACAP.

(a) Superfície de resposta para estimar λ_{pc} . (b) Superfície de resposta para estimar EFd.



(c) Superfície de resposta para estimar λ_{npc} .



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3 – Resumo do comportamento dos reservatórios com diferentes PCs.

Nº de vazões acima da $Q_{5\%}$	λ_{pc}	λ_{npc}	EFd	Quinzenas que compõe o PC
0	0	0	67,68%	todas
9	0	2	68,21%	1, 2, 3, 4, 5, 6, 21, 22, 23, 24
34	0	13	68,21%	1, 2, 3, 4, 5, 6, 23, 24
59	0	24	71,25%	1, 2, 3, 23, 24
84	2	36	71,25%	1, 2, 3, 24

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2.3 Convertendo um reservatório em RACAP

Este estudo propõe uma abordagem inovadora para a ampliação do volume de um RR, agregado a instituição de uma nova regra de operação, visando alcançar conjuntamente os objetivos de retenção de detenção. No entanto, é importante avaliar os efeitos desta nova regra de operação sobre reservatórios já existentes. Sendo assim foi realizada uma outra simulação similar à descrita na Seção 5.1, considerando apenas volume proposto pelo método alemão de 6044 L como o volume total do RACAP, ou seja, $VD = 4448 L$ e $VR = 1596 L$.

Ao comparar os resultados da Tabela 4 com os da Seção 5.1, nota-se que, embora a redução do volume, a inclusão da regra de operação do RACAP no RR fez com que a função de atenuação fosse atendida durante o PC ($\lambda_{pc} = 0$). Já o RR obteve um $\lambda_{pc} = 114$, o que consiste em um ligeiro aumento quando comparado com os resultados da Seção 5.1 ($\lambda_{pc} = 113$).

Tabela 4 – Resultado comparado do RACAP adaptado

Reservatório	λ_{pc}	λ_{npc}	EFd
RACAP	0	17	58,00%
Retenção	114	18	67,7%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por outro lado, essa mudança de volume também resultou na redução do EFd de ambos os sistemas, diminuindo o valor da variável para o RR de 71,9% para 67,7%, e no RACAP de 67,7% para 58,0%. Em resumo, este estudo demonstra a importância de considerar a instituição de novas regras de operação, juntamente com o aumento do volume dos reservatórios, como uma estratégia eficaz para minimizar o impacto de inundações em bacias urbanas.

5.3 Trabalhos futuros

Existem diversas possibilidades de trabalhos futuros que podem ser realizados para aprimorar e complementar o estudo apresentado. Algumas sugestões incluem:

- Realizar a análise de custo-benefício das soluções propostas, incluindo os custos de implementação, manutenção e operação dos sistemas. Essa análise pode ser uma ferramenta importante para avaliar a viabilidade financeira das soluções e subsidiar a tomada de decisão.
- Realizar testes do RACAP em locais com diferentes perfis de precipitação, uma vez que a metodologia de determinação do PC pode não ser tão eficaz em áreas com menor distinção entre os períodos chuvosos e secos. Isso permitiria verificar a capacidade do sistema de se adaptar a diferentes condições climáticas e, possivelmente, propor ajustes na metodologia para torná-la mais ampla e abrangente.
- Investigar a possibilidade de integrar o RACAP com outras medidas de controle de enchentes, como a implantação de pavimentos permeáveis, a criação de áreas verdes e a recuperação de áreas degradadas. Essa análise pode ser importante para avaliar o potencial sinérgico entre as medidas e otimizar o planejamento das intervenções.

6 CONCLUSÃO

A pesquisa teve como objetivo desenvolver um método baseado em informações hidrometeorológicas de dimensionamento e operação de reservatórios para atenuação de cheias e aproveitamento de águas pluviais. O trabalho contribuiu para enfatizar a necessidade de considerar a época do ano no planejamento de reservatórios de prevenção de enchentes e os benefícios de se acrescentar a capacidade de aproveitamento de água a fim de deixar a implementação desses mais interessante em áreas urbanas. Contudo, ainda há espaço para ajustes e otimizações de modo que os projetos possam ser adaptados às necessidades específicas de cada local. As variáveis que influenciam as dimensões do reservatório e seus resultados foram identificadas e apresentadas com o objetivo de fornecer uma visão abrangente do sistema. Pessoalmente, acredito que este estudo contribuirá para o avanço do conhecimento sobre reservatórios e seus benefícios.

REFERÊNCIAS

AGRA, S. G. **Estudo experimental de microrreservatórios para controle do escoamento superficial**. 2001.

AKAN, A. O. Detention pond sizing for multiple return periods. **Journal of Hydraulic Engineering**, American Society of Civil Engineers, v. 115, n. 5, p. 650–664, 1989.

AMARAL, S. M.; BEMFICA, D. Comparação dos volumes de microrreservatórios de retenção de águas pluviais em municípios brasileiros. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, ABRH, Bento Gonçalves, 2013.

AMARAL, S. M.; BEMFICA, D. Comparação dos volumes de microrreservatórios de retenção de águas pluviais em municípios brasileiros. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídrico**, 2013.

AMIN, M. et al. Effects of catchment, first-flush, storage conditions, and time on microbial quality in rainwater harvesting systems. **Water Environment Research**, Wiley Online Library, v. 85, n. 12, p. 2317–2329, 2013.

AMORIM, S. V. de; PEREIRA, D. J. de A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 53–66, 2008.

ANDRADE, L. et al. Surface water flooding, groundwater contamination, and enteric disease in developed countries: A scoping review of connections and consequences. **Environmental pollution**, Elsevier, v. 236, p. 540–549, 2018.

ARAUJO, B. et al. Análise do tempo de concentração em função das características fisiográficas em bacias urbanas. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, p. 1-18, 2011.

ASSUNÇÃO, V. R. d. A. Proposta de metodologia de cálculo para reservatórios de retenção em bacias hidrográficas urbanizadas. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2012.

BAHRAWI, J. et al. Potential flood risk due to urbanization expansion in arid environments, Saudi arabia. **Natural Hazards**, Springer, v. 104, n. 1, p. 795–809, 2020. Citado na página 14.

BOZZINI, P. L. et al. Captação de água de chuva em ambientes urbanos: estudo para dimensionamento e operação de cisternas em escolas. 2017.

- CAJAZEIRO, J. M. D. Análise da susceptibilidade à formação de inundações nas bacias e áreas de contribuição do ribeirão arrudas e córrego da onça em termos de índices morfométricos e impermeabilização. UFMG, 2011.
- CAMPOS, M. A. S. Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos. Universidade Federal de São Carlos, 2004.
- CANHOLI, A. Urban drainage and flood control. **Oficina de Textos Publisher**, São Paulo, Brazil (in Portuguese), 2005.
- CARVALHO, T. M. N. et al. Avaliação do uso de cisternas como medida compensatória para atenuação de picos de cheia na bacia do pajeú utilizando o swmm. 2017.
- CASTELLARIN, A.; CAMORANI, G.; BRATH, A. Predicting annual and long-term flow-duration curves in ungauged basins. **Advances in Water Resources**, Elsevier, v. 30, n. 4, p. 937–953, 2007.
- CHAMPS, J. R. B. Inundações urbanas em Belo Horizonte: ocorrências, controle e medidas de proteção. **Aqualac**, v. 4, n. 2, 2012.
- CHAN, P. D. S.; RAUPP, I. P.; COSTA, F. da S. Paves-ferramenta para acompanhamento da utilização dos volumes de espera dos reservatórios das usinas hidrelétricas do sistema interligado nacional para controle de cheias. 2015.
- CHENNA, S. I. M. O enfrentamento da escassez hídrica e a solução construída para a garantia de abastecimento da região metropolitana de Belo Horizonte. **Revista do Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais**, v. 33, n. 3, 2016.
- COATES, R. Citizenship-in-nature? exploring hazardous urbanization in Nova Friburgo, Brazil. **Geoforum**, Elsevier, v. 99, p. 63–73, 2019.
- COCOLO, A. C. Em 15 anos, custo do tratamento da água é multiplicado por 7. [S.l.], 2015. Acessado: 2020-08-06. Disponível em: <https://www.unifesp.br/reitoria/dci/entreteses/item/2881-em-15-anos-custo-do-tratamento-da-agua-e-multiplicado-por-7>.
- CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, RS. Vol. 13, n. 1 (jan./mar. 2008), p. 111-124, 2008.
- CUNHA, A. P. M. et al. Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019. **Atmosphere**, MDPI, v. 10, n. 11, p. 642, 2019.
- DIAS, M. A. F. da S. Eventos climáticos extremos. **Revista USP**, n. 103, p. 33–40, 2014.

DIOGO, A. Lei número 12.526, de 02/01/2007. [S.l.], 2007. Assembleia legislativa do estado de São Paulo. Acessado: 2020-08-06. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>.

FENNESSEY, N.; VOGEL, R. M. Regional flow-duration curves for ungauged sites in massachusetts. **Journal of Water Resources Planning and Management**, Citeseer, v. 116, n. 4, p. 530–549, 1990.

FERNANDES, D.; NETO, V.; MATTOS, K. Viabilidade econômica do uso da água da chuva: Um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN/RN [Economic viability of rainwater harvesting: A case study of the implantation of a cistern in UFRN/RN]. **Enegep**, XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção; ENEGEP: Foz do Iguaçu, Brasil, 2007.

FERREIRA, A. C. et al. Análise de indicadores hidrológicos para avaliação do comprometimento das disponibilidades hídricas de bacias hidrográficas. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007.

FRANÇA, F. R.; GUIMARAES, M. M. Sistema de retenção em lotes para minimizar cheias na bacia do córrego Cachoeirinha Belo Horizonte MG. 2019.

GAVIOLLI, J. Abastecimento público de água na Região Metropolitana de São Paulo: escassez, demanda e aspectos de saúde pública. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2013.

GONTIJO, M. L.; SENA, G. Cerca de 2 milhões de pessoas serão afetadas por rodízio de água; Copasa anunciou medida após rompimento de adutora. g1 Minas e TV Globo, 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/>.

GRIEBELER, N. et al. Avaliação de um modelo para a estimativa da lâmina máxima de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, SciELO Brasil, v. 25, p. 411–417, 2001.

HAMMOND, M. J. et al. Urban flood impact assessment: A state-of-the-art review. **Urban Water Journal**, Taylor & Francis, v. 12, n. 1, p. 14–29, 2015.

HANDAYANI, W. et al. Urbanization and increasing flood risk in the northern coast of central Java—Indonesia: An assessment towards better land use policy and flood management. **Land**, MDPI, v. 9, n. 10, p. 343, 2020.

HORN, D. R. Graphic estimation of peak flow reduction in reservoirs. **Journal of Hydraulic Engineering**, American Society of Civil Engineers, v. 113, n. 11, p. 1441–1450, 1987.

HUPPES, F. A. H. Estudo da viabilidade de utilização de cisternas em habitações de interesse social no município de Santa Rosa-RS. 2017.

IBGE. **População Rural e Urbana**. 2020. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>. Acessado: 2020-08-06.

INMET. **Normais Climatológicas**. 2008. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima/mapas/?mapa=tmed>. Acessado: 2020-08-06.

JACOB, A. C. P. et al. Use of detention basin for flood mitigation and urban requalification in Mesquita, Brazil. **Water Science and Technology**, IWA Publishing, v. 79, n. 11, p. 2135–2144, 2019.

JACOBS, J. M.; VOGEL, R. M. Allocation of water withdrawals in a river basin. In: ASCE. **Water Resources and the Urban Environment**. [S.l.], 1993. p. 357–362.

KUMAR, S. et al. Multi-objective optimization for stormwater management by green-roofs and infiltration trenches to reduce urban flooding in Central Delhi. **Journal of Hydrology**, Elsevier, v. 606, p. 127455, 2022.

KUS, B. et al. Analysis of first flush to improve the water quality in rainwater tanks. **Water science and technology**, IWA Publishing, v. 61, n. 2, p. 421–428, 2010.

LANCASTER, B. **Rainwater harvesting for dry lands**, vol. 1, Appendix 3. 2006.

LEI. de nº 7166/96. **Plano Diretor de Belo Horizonte**. Lei de Uso e Ocupação do Solo de, 1996. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.

LI, L.; UYTENHOVE, P.; EETVELDE, V. V. Planning green infrastructure to mitigate urban surface water flooding risk—a methodology to identify priority areas applied in the city of Ghent. **Landscape and Urban Planning**, Elsevier, v. 194, p. 103703, 2020.

MAGALHAES, A. S. et al. Quanto vale a água que usamos? Projeções dos impactos econômicos de restrições ao uso e elevação de preços da água na região metropolitana de Belo Horizonte. **Revista de Economia**, v. 42, n. 2, 2017.

MAIDMENT, D. R. **Handbook of hydrology**. [S.l.]: McGraw-Hill, New York, 1993.

MARINOSKI, D. L.; GHISI, E.; GOMEZ, L. A. Aproveitamento de água pluvial e dimensionamento de reservatório para fins não potáveis: Estudo de caso em um conjunto residencial localizado em Florianópolis–SC. In: **I Conferência Latino-americana de Construção Sustentável, X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. [S.l.: s.n.], 2004.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2004.

MCCUEN, R. H. et al. Hydrologic analysis and design. [S.l.]: **Pearson prentice hall Upper Saddle River**, NJ, 1989.

MCCUEN, R. H.; WONG, S. L.; RAWLS, W. J. Estimating urban time of concentration. **Journal of hydraulic Engineering**, American Society of Civil Engineers, v. 110, n. 7, p. 887–904, 1984.

MONTE-MOR, R. L. d. M. Belo Horizonte: a cidade planejada e a metrópole em construção. **Belo Horizonte: espaços e tempos em construção**. Belo Horizonte: Cedeplar/PBH, p. 11–27, 1994.

MORUZZI, R. B.; CUNHA, C. M. L. d.; OLIVEIRA, J. N. d. Aplicação de modelos hidrológicos para avaliação de reservatórios de retenção e detenção combinados à obra de recuperação do canal de macrodrenagem no controle de cheias em uma bacia hidrográfica urbanizada. **Ciência & Engenharia**, p. 11–20, 2010.

NBR, A. 15527: **Água de chuva—aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis—requisitos**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 8, 2007.

NUNES, A. de A. Tendências em eventos extremos de precipitação na região metropolitana de belo horizonte: detecção, impactos e adaptabilidade. Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.

PEREIRA, M. C. S. Relação de eficiência e custos dos reservatórios de detenção e pavimento permeável na bacia hidrográfica do rio Pirajuçara. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2014.

PINHEIRO, V. B. Calibração de um modelo chuva-vazão em bacias sem monitoramento fluviométrico a partir de curvas de permanência sintéticas. Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

PINTO, L. L.; MARTINS, J. R. S. Variabilidade da taxa de impermeabilização do solo urbano. **Anais: Memórias técnicas**, 2008.

PORTO, R. d. M. Metodologia de cálculo para o planejamento de bacias de detenção. **BBRH: revista brasileira de recursos Hídricos**, v. 8, n. 3, p. 135–149, 2003.

POUDEL, U.; AHMAD, S.; STEPHEN, H. Impact of urbanization on runoff and infiltration in walnut gulch experimental watershed. In: **Watershed Management 2020**. [S.l.]: **American Society of Civil Engineers Reston**, VA, 2020. p. 219–232.

PRUSKI, F. F. et al. Model to design level terraces. **Journal of irrigation and drainage engineering**, American Society of Civil Engineers, v. 123, n. 1, p. 8–12, 1997.

PRUSKI, F. F. et al. escoamento superficial. [S.l.]: UFV, 2003.

PRUSKI, F. F.; RODRIGUEZ, R. D. G.; SINGH, V. P. Cistern project for domestic water use in semi-arid regions. **International Journal of Engineering Research and Technology**, 2016.

RAIMUNDO, A. P. Estruturas hidráulicas utilizadas em reservatórios de controle de cheias. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2007.

RODRIGUEZ, R.; PRUSKI, F.; SINGH, V. Estimated per capita water usage associated with different levels of water scarcity risk in arid and semiarid regions. **Water resources management**, Springer, v. 30, n. 4, p. 1311–1324, 2016.

SALATA, S. et al. Performance-based planning to reduce flooding vulnerability insights from the case of turin (north-west italy). **Sustainability**, MDPI, v. 13, n. 10, p. 5697, 2021.

SILVA, J. et al. Metodologia para obtenção do hidrograma de escoamento superficial em encostas e canais. Parte I: Desenvolvimento e avaliação. **Engenharia Agrícola**, SciELO Brasil, v. 26, p. 695–703, 2006.

SILVA, L. A. R. d. L. Estudo do amortecimento de vazões de pico através de uma bacia de detenção e reservatórios de detenção in loco em uma sub-bacia hidrográfica no município de Pato Branco-PR. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

SILVEIRA, A. L. L. d. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, RS: ABRH. Vol. 10, n. 1 (jan./mar. 2005), p. 5-23, 2005.

SILVEIRA, M. P. L. et al. Valoração econômica ambiental de desastres naturais ocorridos na regional oeste de belo horizonte, mg. *Revista Mineira de Recursos Hídricos*, v. 1, n. 1, 2020.

SIMÕES, J. G. G.; JARDIM, C. H.; PARIZZI, M. G. Análise do risco de enchentes e inundações na Av. Cristiano Machado, Belo Horizonte, MG. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 8, p. 867–880, 2012.

SOARES, D. A.; ROESNER, L.; GONCALVES, O. M. Sizing a rainwater reservoir to assist toilet flushing. In: **Technical Proceedings**. [S.l.: s.n.], 2000.

SOUSA, J. R. C. d. Hydrology plus: Sistema computacional para estudos meteorológicos e hidrológicos. Universidade Federal de Viçosa, 2017.

SOUZA, J. de. A expansão urbana de belo horizonte e da região metropolitana de Belo Horizonte: o caso específico do município de Ribeirão das Neves. Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

SOUZA, S. d. et al. Avaliação da qualidade da água e da eficácia de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 3, p. 81–93, 2011.

STURM, M. et al. Rainwater harvesting as an alternative water resource in rural sites in central northern Namibia. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, Elsevier, v. 34, n. 13-16, p. 776–785, 2009.

SUDECAP. **CAPÍTULO 6 HIDROLOGIA**. 2017. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/pp-inf-cap6-hdl-04.17.pdf>. Acessado em: 2022-08-08.

SYIFA, M. et al. Flood mapping using remote sensing imagery and artificial intelligence techniques: A case study in Brumadinho, Brazil. **Journal of Coastal Research**, Coastal Education and Research Foundation, v. 90, n. SI, p. 197–204, 2019.

TASSI, R. et al. Determinação do parâmetro cn para sub-bacias urbanas do arroio dilúvio-Porto Alegre/RS. **Simpósio de Recursos Hídricos do Sulsudeste**, v. 1, 2006.

THOMAS, C. A case study of runoff coefficients for urban areas with different drainage systems. 2017.

TUCCI, C. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1 Jan. [S.l.]: Mar, 2002.

TUNDISI, J.; SCHEUENSTUHL, M. Bridging water research and management: new perspectives for the Americas. **IIE, IIBRH, Ianas, Brazilian academy of sciences, IAP**, 2008.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, v. 55, n. 4, p. 31–33, 2003.

URBONAS, B. R.; ROESNER, L. A. Hydrologic design for urban drainage and flood control. **Handbook of hydrology**, McGraw-Hill New York, p. 5–1, 1993.

VOGEL, R. M.; FENNESSEY, N. Flow duration curves i: new interpretation and confidence intervals. **Journal of Water Resources Planning and Management**, ASCE, v. 120, n. 4, 1994.

VOGEL, R. M.; FENNESSEY, N. M. Flow duration curves ii: A review of applications in water resources planning 1. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, Wiley Online Library, v. 31, n. 6, p. 1029–1039, 1995.

VOS, F. et al. **Annual disaster statistical review 2009**: The numbers and trends. [S.l.], 2010.

ZAHED FILHO, K. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas - Retenção e Detenção**. 2014.

ZHANG, N. et al. The impact of the 2016 flood event in Anhui province, China on infectious diarrhea disease: An interrupted time-series study. **Environment international**, Elsevier, v. 127, p. 801–809, 2019.

ZHOU, Q. et al. Comparison of urbanization and climate change impacts on urban flood volumes: Importance of urban planning and drainage adaptation. **Science of the Total Environment**, Elsevier, v. 658, p. 24–33, 2019.

APÊNDICE A – Série sintética

Tabela 5 – Série diária sintética de precipitação

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
1	0	1217	0	2433	0
2	0	1218	0	2434	0
3	0	1219	0	2435	0
4	2	1220	0	2436	14
5	0	1221	0	2437	0
6	31	1222	0	2438	0
7	0	1223	0	2439	0
8	0	1224	0	2440	0
9	27	1225	0	2441	0
10	7	1226	0	2442	0
11	0	1227	0	2443	0
12	0	1228	0	2444	0
13	0	1229	0	2445	0
14	0	1230	0	2446	0
15	0	1231	0	2447	0
16	0	1232	0	2448	14
17	0	1233	0	2449	14
18	0	1234	0	2450	14
19	0	1235	0	2451	0
20	0	1236	0	2452	14
21	0	1237	0	2453	0
22	0	1238	15	2454	14
23	0	1239	15	2455	0
24	0	1240	0	2456	0
25	0	1241	0	2457	0
26	0	1242	0	2458	0
27	0	1243	0	2459	0
28	0	1244	0	2460	0
29	26	1245	0	2461	0
30	14	1246	0	2462	0
31	30	1247	0	2463	0
32	0	1248	0	2464	0
33	0	1249	0	2465	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
34	0	1250	0	2466	2
35	0	1251	0	2467	0
36	0	1252	0	2468	0
37	0	1253	0	2469	0
38	0	1254	0	2470	0
39	0	1255	0	2471	20
40	0	1256	0	2472	2
41	0	1257	0	2473	8
42	0	1258	0	2474	50
43	1	1259	0	2475	0
44	34	1260	0	2476	0
45	1	1261	0	2477	0
46	18	1262	0	2478	2
47	1	1263	0	2479	0
48	0	1264	0	2480	2
49	0	1265	0	2481	11
50	0	1266	0	2482	0
51	1	1267	0	2483	2
52	1	1268	0	2484	0
53	0	1269	10	2485	0
54	0	1270	10	2486	0
55	0	1271	0	2487	0
56	0	1272	0	2488	0
57	0	1273	0	2489	2
58	0	1274	0	2490	0
59	0	1275	0	2491	2
60	4	1276	0	2492	2
61	0	1277	0	2493	0
62	0	1278	0	2494	0
63	15	1279	0	2495	0
64	21	1280	0	2496	0
65	38	1281	0	2497	23
66	0	1282	10	2498	0
67	0	1283	0	2499	0
68	31	1284	0	2500	37
69	0	1285	0	2501	1
70	0	1286	0	2502	33
71	0	1287	0	2503	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
72	0	1288	0	2504	17
73	0	1289	0	2505	0
74	0	1290	0	2506	0
75	0	1291	0	2507	0
76	0	1292	0	2508	0
77	0	1293	0	2509	0
78	0	1294	0	2510	0
79	0	1295	0	2511	0
80	34	1296	0	2512	3
81	0	1297	0	2513	0
82	0	1298	0	2514	3
83	13	1299	0	2515	13
84	0	1300	0	2516	0
85	11	1301	10	2517	33
86	0	1302	10	2518	0
87	17	1303	10	2519	0
88	0	1304	0	2520	4
89	0	1305	0	2521	3
90	0	1306	0	2522	0
91	0	1307	0	2523	0
92	0	1308	0	2524	37
93	0	1309	0	2525	0
94	0	1310	0	2526	0
95	0	1311	0	2527	26
96	0	1312	0	2528	4
97	0	1313	0	2529	47
98	0	1314	0	2530	0
99	0	1315	0	2531	0
100	0	1316	0	2532	0
101	0	1317	0	2533	0
102	0	1318	0	2534	0
103	0	1319	0	2535	0
104	0	1320	0	2536	0
105	0	1321	0	2537	0
106	0	1322	0	2538	0
107	0	1323	0	2539	0
108	0	1324	0	2540	0
109	0	1325	0	2541	29

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
110	34	1326	0	2542	0
111	0	1327	0	2543	4
112	0	1328	0	2544	34
113	0	1329	0	2545	6
114	0	1330	0	2546	0
115	0	1331	0	2547	6
116	0	1332	0	2548	35
117	0	1333	0	2549	39
118	0	1334	0	2550	0
119	0	1335	0	2551	45
120	0	1336	0	2552	39
121	0	1337	0	2553	37
122	0	1338	0	2554	0
123	0	1339	0	2555	7
124	0	1340	0	2556	47
125	0	1341	0	2557	24
126	0	1342	0	2558	29
127	0	1343	0	2559	24
128	0	1344	0	2560	18
129	15	1345	14	2561	43
130	0	1346	0	2562	0
131	0	1347	0	2563	0
132	15	1348	0	2564	38
133	0	1349	0	2565	0
134	0	1350	0	2566	0
135	0	1351	0	2567	0
136	0	1352	0	2568	55
137	0	1353	0	2569	24
138	0	1354	0	2570	0
139	0	1355	0	2571	0
140	0	1356	0	2572	24
141	0	1357	14	2573	0
142	0	1358	0	2574	27
143	15	1359	0	2575	9
144	15	1360	0	2576	50
145	15	1361	0	2577	0
146	0	1362	0	2578	12
147	0	1363	0	2579	4

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
148	0	1364	0	2580	1
149	0	1365	0	2581	50
150	0	1366	0	2582	0
151	0	1367	0	2583	0
152	0	1368	0	2584	0
153	0	1369	0	2585	1
154	0	1370	0	2586	0
155	0	1371	0	2587	0
156	0	1372	2	2588	0
157	0	1373	0	2589	0
158	0	1374	0	2590	0
159	0	1375	23	2591	0
160	10	1376	0	2592	0
161	10	1377	0	2593	0
162	0	1378	0	2594	0
163	0	1379	0	2595	0
164	0	1380	0	2596	0
165	0	1381	0	2597	0
166	0	1382	0	2598	0
167	0	1383	0	2599	1
168	0	1384	0	2600	30
169	0	1385	0	2601	9
170	0	1386	0	2602	1
171	10	1387	0	2603	43
172	0	1388	0	2604	1
173	10	1389	0	2605	0
174	0	1390	0	2606	1
175	0	1391	0	2607	46
176	0	1392	2	2608	1
177	0	1393	0	2609	40
178	0	1394	0	2610	0
179	0	1395	0	2611	0
180	0	1396	26	2612	0
181	0	1397	2	2613	1
182	0	1398	30	2614	37
183	0	1399	0	2615	50
184	0	1400	0	2616	17
185	0	1401	0	2617	29

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
186	0	1402	0	2618	0
187	0	1403	0	2619	0
188	0	1404	0	2620	0
189	0	1405	27	2621	0
190	0	1406	0	2622	37
191	0	1407	0	2623	17
192	0	1408	14	2624	39
193	0	1409	23	2625	0
194	0	1410	20	2626	30
195	0	1411	18	2627	0
196	10	1412	0	2628	0
197	0	1413	0	2629	9
198	0	1414	0	2630	26
199	0	1415	0	2631	0
200	0	1416	0	2632	0
201	0	1417	17	2633	0
202	0	1418	35	2634	0
203	0	1419	0	2635	0
204	10	1420	0	2636	0
205	0	1421	0	2637	0
206	0	1422	24	2638	0
207	0	1423	27	2639	0
208	0	1424	33	2640	0
209	0	1425	37	2641	0
210	0	1426	0	2642	9
211	0	1427	7	2643	15
212	0	1428	0	2644	0
213	0	1429	0	2645	6
214	0	1430	0	2646	18
215	0	1431	0	2647	0
216	0	1432	0	2648	12
217	0	1433	0	2649	0
218	0	1434	0	2650	0
219	0	1435	0	2651	0
220	0	1436	0	2652	0
221	0	1437	0	2653	0
222	0	1438	22	2654	0
223	10	1439	3	2655	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
224	0	1440	0	2656	10
225	0	1441	0	2657	0
226	10	1442	32	2658	0
227	0	1443	0	2659	0
228	0	1444	0	2660	0
229	0	1445	4	2661	15
230	0	1446	0	2662	0
231	0	1447	0	2663	0
232	0	1448	0	2664	10
233	0	1449	0	2665	10
234	10	1450	3	2666	0
235	10	1451	21	2667	0
236	0	1452	4	2668	10
237	0	1453	0	2669	0
238	0	1454	10	2670	0
239	0	1455	0	2671	0
240	0	1456	41	2672	0
241	0	1457	0	2673	0
242	0	1458	2	2674	0
243	0	1459	0	2675	10
244	0	1460	0	2676	10
245	0	1461	5	2677	0
246	0	1462	2	2678	0
247	0	1463	0	2679	0
248	0	1464	43	2680	15
249	0	1465	35	2681	0
250	0	1466	19	2682	0
251	14	1467	0	2683	0
252	0	1468	0	2684	0
253	14	1469	0	2685	0
254	0	1470	37	2686	0
255	0	1471	0	2687	0
256	0	1472	4	2688	0
257	0	1473	0	2689	0
258	0	1474	4	2690	0
259	0	1475	0	2691	0
260	14	1476	0	2692	0
261	14	1477	0	2693	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
262	0	1478	0	2694	0
263	0	1479	0	2695	15
264	0	1480	0	2696	0
265	0	1481	0	2697	0
266	0	1482	0	2698	0
267	0	1483	0	2699	0
268	0	1484	0	2700	0
269	0	1485	0	2701	0
270	0	1486	0	2702	0
271	0	1487	0	2703	0
272	0	1488	4	2704	0
273	0	1489	0	2705	0
274	0	1490	0	2706	0
275	2	1491	0	2707	0
276	2	1492	0	2708	0
277	23	1493	1	2709	0
278	0	1494	1	2710	0
279	0	1495	0	2711	0
280	0	1496	0	2712	0
281	0	1497	0	2713	0
282	0	1498	1	2714	0
283	0	1499	1	2715	0
284	0	1500	18	2716	0
285	2	1501	1	2717	0
286	0	1502	0	2718	0
287	0	1503	31	2719	0
288	2	1504	0	2720	0
289	33	1505	0	2721	0
290	2	1506	0	2722	0
291	2	1507	6	2723	0
292	0	1508	21	2724	10
293	0	1509	42	2725	0
294	0	1510	1	2726	0
295	0	1511	31	2727	0
296	0	1512	22	2728	0
297	0	1513	1	2729	0
298	2	1514	0	2730	0
299	0	1515	1	2731	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
300	17	1516	0	2732	0
301	24	1517	0	2733	0
302	0	1518	0	2734	0
303	10	1519	0	2735	0
304	2	1520	26	2736	0
305	0	1521	0	2737	0
306	39	1522	2	2738	0
307	20	1523	24	2739	0
308	0	1524	0	2740	0
309	28	1525	0	2741	0
310	5	1526	0	2742	0
311	0	1527	0	2743	0
312	0	1528	0	2744	0
313	0	1529	0	2745	0
314	0	1530	0	2746	0
315	0	1531	28	2747	0
316	0	1532	0	2748	0
317	31	1533	0	2749	0
318	0	1534	17	2750	10
319	0	1535	0	2751	0
320	0	1536	0	2752	0
321	0	1537	12	2753	0
322	0	1538	38	2754	0
323	0	1539	0	2755	10
324	0	1540	0	2756	10
325	0	1541	0	2757	0
326	0	1542	0	2758	0
327	0	1543	0	2759	0
328	6	1544	0	2760	10
329	42	1545	0	2761	10
330	0	1546	0	2762	10
331	0	1547	0	2763	0
332	0	1548	0	2764	0
333	0	1549	0	2765	0
334	23	1550	36	2766	0
335	0	1551	0	2767	0
336	44	1552	10	2768	0
337	45	1553	0	2769	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
338	0	1554	0	2770	0
339	29	1555	0	2771	0
340	0	1556	0	2772	0
341	32	1557	0	2773	0
342	44	1558	0	2774	0
343	39	1559	0	2775	0
344	0	1560	0	2776	0
345	0	1561	0	2777	0
346	0	1562	10	2778	0
347	0	1563	10	2779	0
348	0	1564	0	2780	0
349	16	1565	0	2781	0
350	2	1566	0	2782	0
351	10	1567	0	2783	0
352	0	1568	0	2784	0
353	0	1569	0	2785	0
354	0	1570	0	2786	0
355	0	1571	0	2787	0
356	0	1572	0	2788	0
357	0	1573	0	2789	0
358	0	1574	10	2790	0
359	0	1575	10	2791	0
360	0	1576	10	2792	0
361	0	1577	10	2793	0
362	0	1578	0	2794	0
363	0	1579	0	2795	0
364	0	1580	0	2796	0
365	0	1581	0	2797	0
366	0	1582	0	2798	0
367	0	1583	0	2799	0
368	4	1584	0	2800	0
369	38	1585	0	2801	14
370	0	1586	0	2802	14
371	0	1587	0	2803	14
372	44	1588	0	2804	14
373	17	1589	0	2805	14
374	0	1590	15	2806	0
375	0	1591	0	2807	14

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
376	22	1592	0	2808	0
377	0	1593	0	2809	0
378	0	1594	0	2810	0
379	0	1595	0	2811	0
380	0	1596	0	2812	0
381	5	1597	0	2813	0
382	23	1598	0	2814	0
383	29	1599	15	2815	0
384	0	1600	0	2816	0
385	0	1601	0	2817	0
386	0	1602	0	2818	0
387	0	1603	0	2819	0
388	47	1604	0	2820	0
389	0	1605	0	2821	0
390	51	1606	0	2822	0
391	0	1607	0	2823	0
392	5	1608	0	2824	0
393	0	1609	0	2825	0
394	6	1610	0	2826	0
395	0	1611	0	2827	14
396	28	1612	0	2828	0
397	0	1613	0	2829	0
398	0	1614	0	2830	14
399	0	1615	0	2831	0
400	0	1616	0	2832	0
401	0	1617	0	2833	0
402	0	1618	0	2834	0
403	0	1619	0	2835	0
404	0	1620	0	2836	2
405	0	1621	0	2837	2
406	0	1622	0	2838	42
407	0	1623	0	2839	0
408	0	1624	10	2840	0
409	0	1625	0	2841	0
410	0	1626	0	2842	19
411	0	1627	0	2843	0
412	0	1628	0	2844	2
413	0	1629	0	2845	18

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
414	41	1630	0	2846	0
415	47	1631	0	2847	0
416	36	1632	0	2848	0
417	1	1633	0	2849	0
418	1	1634	0	2850	0
419	0	1635	0	2851	0
420	0	1636	0	2852	0
421	0	1637	0	2853	0
422	0	1638	0	2854	49
423	1	1639	0	2855	0
424	1	1640	0	2856	0
425	0	1641	0	2857	0
426	0	1642	0	2858	11
427	17	1643	0	2859	0
428	0	1644	0	2860	2
429	0	1645	0	2861	0
430	0	1646	0	2862	7
431	20	1647	0	2863	18
432	0	1648	0	2864	0
433	0	1649	0	2865	0
434	0	1650	0	2866	0
435	0	1651	0	2867	13
436	10	1652	0	2868	27
437	19	1653	0	2869	0
438	0	1654	0	2870	0
439	0	1655	0	2871	8
440	0	1656	0	2872	36
441	0	1657	0	2873	42
442	31	1658	0	2874	29
443	0	1659	0	2875	0
444	0	1660	0	2876	39
445	0	1661	0	2877	32
446	0	1662	0	2878	0
447	0	1663	0	2879	18
448	0	1664	0	2880	0
449	0	1665	0	2881	0
450	0	1666	0	2882	0
451	0	1667	0	2883	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
452	0	1668	0	2884	0
453	0	1669	0	2885	0
454	0	1670	0	2886	0
455	0	1671	0	2887	0
456	0	1672	0	2888	42
457	0	1673	0	2889	0
458	0	1674	0	2890	0
459	0	1675	0	2891	30
460	0	1676	0	2892	0
461	0	1677	0	2893	0
462	10	1678	0	2894	0
463	10	1679	0	2895	0
464	10	1680	0	2896	0
465	0	1681	0	2897	38
466	0	1682	0	2898	0
467	10	1683	0	2899	0
468	0	1684	0	2900	0
469	0	1685	0	2901	12
470	0	1686	0	2902	0
471	0	1687	0	2903	0
472	0	1688	0	2904	25
473	0	1689	0	2905	7
474	0	1690	0	2906	29
475	0	1691	10	2907	0
476	0	1692	10	2908	43
477	38	1693	0	2909	29
478	0	1694	0	2910	0
479	0	1695	0	2911	0
480	0	1696	0	2912	4
481	0	1697	0	2913	34
482	0	1698	0	2914	28
483	0	1699	0	2915	0
484	0	1700	0	2916	0
485	0	1701	0	2917	0
486	0	1702	0	2918	45
487	15	1703	0	2919	32
488	0	1704	10	2920	0
489	0	1705	0	2921	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
490	0	1706	0	2922	0
491	0	1707	0	2923	0
492	0	1708	0	2924	0
493	0	1709	0	2925	0
494	0	1710	0	2926	0
495	0	1711	0	2927	0
496	0	1712	0	2928	31
497	0	1713	14	2929	0
498	0	1714	0	2930	0
499	0	1715	0	2931	50
500	0	1716	0	2932	0
501	0	1717	0	2933	0
502	0	1718	0	2934	15
503	0	1719	0	2935	46
504	0	1720	0	2936	22
505	0	1721	0	2937	0
506	0	1722	0	2938	0
507	0	1723	0	2939	52
508	0	1724	14	2940	46
509	0	1725	0	2941	0
510	0	1726	0	2942	29
511	0	1727	0	2943	6
512	15	1728	0	2944	0
513	0	1729	0	2945	0
514	0	1730	0	2946	0
515	0	1731	0	2947	22
516	0	1732	0	2948	7
517	0	1733	0	2949	22
518	0	1734	0	2950	0
519	0	1735	0	2951	35
520	0	1736	0	2952	18
521	0	1737	0	2953	38
522	0	1738	0	2954	1
523	0	1739	0	2955	0
524	0	1740	0	2956	36
525	0	1741	0	2957	39
526	0	1742	2	2958	1
527	0	1743	5	2959	1

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
528	0	1744	2	2960	3
529	0	1745	2	2961	16
530	0	1746	49	2962	0
531	0	1747	13	2963	0
532	0	1748	16	2964	0
533	0	1749	0	2965	0
534	0	1750	0	2966	23
535	0	1751	0	2967	0
536	0	1752	0	2968	0
537	0	1753	0	2969	0
538	0	1754	0	2970	0
539	10	1755	28	2971	0
540	10	1756	2	2972	0
541	0	1757	2	2973	1
542	0	1758	37	2974	12
543	0	1759	48	2975	27
544	0	1760	0	2976	1
545	0	1761	0	2977	53
546	0	1762	0	2978	0
547	0	1763	0	2979	0
548	0	1764	47	2980	0
549	0	1765	0	2981	0
550	0	1766	0	2982	0
551	0	1767	15	2983	0
552	0	1768	13	2984	32
553	0	1769	0	2985	9
554	0	1770	0	2986	0
555	0	1771	5	2987	24
556	0	1772	26	2988	0
557	0	1773	0	2989	0
558	0	1774	38	2990	0
559	0	1775	11	2991	0
560	0	1776	2	2992	0
561	0	1777	0	2993	13
562	0	1778	38	2994	38
563	0	1779	0	2995	0
564	0	1780	0	2996	19
565	0	1781	2	2997	40

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
566	0	1782	0	2998	30
567	0	1783	42	2999	35
568	0	1784	0	3000	33
569	0	1785	23	3001	0
570	10	1786	42	3002	0
571	10	1787	0	3003	0
572	0	1788	0	3004	0
573	0	1789	24	3005	0
574	0	1790	0	3006	0
575	0	1791	14	3007	0
576	10	1792	31	3008	0
577	10	1793	0	3009	0
578	0	1794	18	3010	0
579	0	1795	37	3011	0
580	0	1796	0	3012	0
581	0	1797	0	3013	10
582	0	1798	25	3014	0
583	0	1799	21	3015	0
584	0	1800	7	3016	0
585	10	1801	28	3017	0
586	10	1802	37	3018	0
587	0	1803	25	3019	0
588	0	1804	2	3020	0
589	0	1805	6	3021	0
590	0	1806	0	3022	0
591	0	1807	46	3023	0
592	0	1808	3	3024	0
593	0	1809	46	3025	0
594	0	1810	6	3026	0
595	0	1811	0	3027	0
596	0	1812	0	3028	0
597	0	1813	0	3029	0
598	0	1814	0	3030	0
599	0	1815	0	3031	0
600	0	1816	0	3032	0
601	0	1817	0	3033	0
602	0	1818	48	3034	0
603	0	1819	26	3035	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
604	0	1820	0	3036	0
605	0	1821	48	3037	0
606	10	1822	48	3038	0
607	10	1823	0	3039	0
608	10	1824	0	3040	0
609	14	1825	0	3041	10
610	0	1826	0	3042	10
611	0	1827	40	3043	0
612	0	1828	0	3044	0
613	0	1829	0	3045	0
614	0	1830	31	3046	0
615	0	1831	39	3047	0
616	0	1832	28	3048	0
617	14	1833	0	3049	0
618	0	1834	14	3050	0
619	0	1835	15	3051	0
620	0	1836	31	3052	0
621	0	1837	0	3053	0
622	0	1838	49	3054	0
623	0	1839	1	3055	0
624	0	1840	38	3056	0
625	0	1841	0	3057	0
626	0	1842	54	3058	0
627	0	1843	0	3059	0
628	0	1844	0	3060	0
629	14	1845	0	3061	0
630	0	1846	0	3062	0
631	0	1847	1	3063	0
632	0	1848	0	3064	0
633	0	1849	4	3065	0
634	0	1850	0	3066	0
635	0	1851	21	3067	0
636	0	1852	40	3068	0
637	0	1853	4	3069	0
638	0	1854	4	3070	15
639	0	1855	0	3071	0
640	0	1856	30	3072	0
641	2	1857	19	3073	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
642	2	1858	0	3074	0
643	12	1859	47	3075	0
644	51	1860	1	3076	0
645	0	1861	1	3077	10
646	0	1862	1	3078	10
647	0	1863	47	3079	10
648	0	1864	1	3080	0
649	0	1865	50	3081	0
650	2	1866	0	3082	0
651	2	1867	0	3083	0
652	2	1868	0	3084	0
653	28	1869	1	3085	0
654	11	1870	25	3086	0
655	2	1871	0	3087	0
656	0	1872	0	3088	0
657	0	1873	1	3089	0
658	0	1874	0	3090	0
659	2	1875	1	3091	0
660	0	1876	13	3092	0
661	0	1877	31	3093	0
662	0	1878	0	3094	0
663	0	1879	0	3095	10
664	0	1880	0	3096	0
665	2	1881	0	3097	0
666	0	1882	0	3098	10
667	0	1883	0	3099	10
668	0	1884	1	3100	0
669	0	1885	56	3101	0
670	29	1886	31	3102	0
671	28	1887	0	3103	0
672	26	1888	0	3104	0
673	32	1889	0	3105	0
674	0	1890	0	3106	0
675	0	1891	0	3107	0
676	0	1892	28	3108	0
677	0	1893	0	3109	0
678	0	1894	22	3110	0
679	23	1895	0	3111	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
680	0	1896	0	3112	0
681	22	1897	0	3113	0
682	6	1898	0	3114	0
683	35	1899	0	3115	0
684	22	1900	6	3116	0
685	0	1901	0	3117	0
686	0	1902	0	3118	0
687	0	1903	11	3119	0
688	6	1904	2	3120	0
689	12	1905	0	3121	10
690	0	1906	25	3122	10
691	0	1907	0	3123	0
692	0	1908	0	3124	0
693	0	1909	41	3125	0
694	0	1910	0	3126	0
695	0	1911	0	3127	0
696	0	1912	0	3128	0
697	35	1913	0	3129	0
698	12	1914	0	3130	0
699	21	1915	0	3131	0
700	0	1916	1	3132	0
701	23	1917	0	3133	0
702	0	1918	0	3134	0
703	0	1919	0	3135	0
704	12	1920	0	3136	0
705	0	1921	10	3137	0
706	22	1922	0	3138	0
707	28	1923	0	3139	0
708	0	1924	17	3140	0
709	0	1925	0	3141	0
710	0	1926	0	3142	0
711	5	1927	0	3143	0
712	0	1928	10	3144	0
713	44	1929	0	3145	0
714	0	1930	0	3146	0
715	32	1931	0	3147	0
716	48	1932	0	3148	0
717	0	1933	0	3149	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
718	31	1934	0	3150	0
719	19	1935	0	3151	0
720	0	1936	0	3152	0
721	45	1937	0	3153	0
722	40	1938	0	3154	0
723	18	1939	0	3155	0
724	44	1940	36	3156	0
725	39	1941	0	3157	10
726	2	1942	0	3158	0
727	3	1943	10	3159	0
728	41	1944	0	3160	0
729	24	1945	10	3161	0
730	0	1946	0	3162	0
731	0	1947	0	3163	0
732	29	1948	0	3164	0
733	0	1949	0	3165	0
734	0	1950	0	3166	14
735	0	1951	15	3167	14
736	0	1952	15	3168	0
737	0	1953	15	3169	0
738	26	1954	15	3170	0
739	20	1955	0	3171	0
740	0	1956	0	3172	0
741	0	1957	0	3173	0
742	0	1958	0	3174	0
743	0	1959	0	3175	14
744	52	1960	0	3176	0
745	0	1961	0	3177	0
746	30	1962	0	3178	14
747	0	1963	0	3179	0
748	0	1964	0	3180	0
749	0	1965	0	3181	0
750	38	1966	0	3182	14
751	36	1967	0	3183	14
752	40	1968	0	3184	0
753	0	1969	0	3185	0
754	0	1970	0	3186	0
755	0	1971	0	3187	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
756	0	1972	0	3188	14
757	0	1973	0	3189	14
758	54	1974	0	3190	0
759	0	1975	0	3191	0
760	17	1976	0	3192	0
761	0	1977	0	3193	0
762	0	1978	0	3194	0
763	12	1979	0	3195	14
764	22	1980	0	3196	2
765	1	1981	0	3197	0
766	0	1982	0	3198	0
767	27	1983	0	3199	15
768	1	1984	0	3200	0
769	1	1985	0	3201	0
770	34	1986	0	3202	0
771	1	1987	0	3203	0
772	56	1988	0	3204	0
773	1	1989	0	3205	0
774	1	1990	0	3206	0
775	1	1991	0	3207	0
776	1	1992	0	3208	0
777	1	1993	0	3209	0
778	1	1994	0	3210	0
779	0	1995	0	3211	0
780	0	1996	0	3212	0
781	30	1997	10	3213	0
782	1	1998	0	3214	26
783	0	1999	0	3215	0
784	0	2000	0	3216	2
785	0	2001	0	3217	11
786	0	2002	0	3218	2
787	0	2003	0	3219	0
788	0	2004	0	3220	2
789	0	2005	0	3221	2
790	0	2006	0	3222	0
791	0	2007	0	3223	20
792	0	2008	0	3224	0
793	0	2009	0	3225	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
794	0	2010	0	3226	0
795	0	2011	0	3227	0
796	0	2012	0	3228	0
797	0	2013	0	3229	33
798	21	2014	10	3230	8
799	0	2015	0	3231	0
800	0	2016	0	3232	39
801	0	2017	0	3233	21
802	0	2018	0	3234	2
803	0	2019	0	3235	0
804	0	2020	0	3236	0
805	0	2021	10	3237	0
806	0	2022	10	3238	0
807	0	2023	0	3239	0
808	0	2024	0	3240	0
809	0	2025	0	3241	0
810	0	2026	0	3242	0
811	0	2027	0	3243	0
812	0	2028	0	3244	0
813	0	2029	10	3245	0
814	0	2030	0	3246	20
815	0	2031	0	3247	41
816	0	2032	0	3248	1
817	0	2033	0	3249	2
818	0	2034	0	3250	32
819	0	2035	0	3251	0
820	0	2036	0	3252	0
821	0	2037	0	3253	0
822	0	2038	0	3254	29
823	0	2039	0	3255	0
824	0	2040	0	3256	4
825	10	2041	0	3257	0
826	10	2042	0	3258	2
827	0	2043	0	3259	0
828	0	2044	0	3260	26
829	0	2045	0	3261	4
830	0	2046	0	3262	19
831	0	2047	0	3263	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
832	0	2048	0	3264	8
833	0	2049	0	3265	20
834	0	2050	0	3266	0
835	0	2051	0	3267	0
836	0	2052	0	3268	4
837	16	2053	0	3269	10
838	0	2054	0	3270	6
839	13	2055	0	3271	0
840	26	2056	0	3272	11
841	0	2057	0	3273	37
842	0	2058	0	3274	0
843	10	2059	0	3275	0
844	10	2060	0	3276	49
845	0	2061	0	3277	0
846	0	2062	0	3278	0
847	0	2063	0	3279	2
848	0	2064	0	3280	43
849	10	2065	10	3281	45
850	10	2066	10	3282	0
851	18	2067	0	3283	21
852	15	2068	0	3284	49
853	0	2069	0	3285	5
854	0	2070	14	3286	5
855	15	2071	14	3287	0
856	15	2072	0	3288	0
857	0	2073	0	3289	0
858	0	2074	0	3290	0
859	0	2075	0	3291	0
860	0	2076	0	3292	0
861	0	2077	0	3293	0
862	0	2078	0	3294	0
863	0	2079	0	3295	0
864	0	2080	0	3296	0
865	0	2081	0	3297	0
866	0	2082	0	3298	33
867	0	2083	0	3299	0
868	0	2084	0	3300	29
869	15	2085	0	3301	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
870	15	2086	0	3302	19
871	15	2087	0	3303	25
872	0	2088	0	3304	3
873	0	2089	0	3305	0
874	0	2090	0	3306	21
875	0	2091	14	3307	49
876	0	2092	0	3308	0
877	0	2093	0	3309	29
878	0	2094	0	3310	37
879	0	2095	0	3311	0
880	0	2096	0	3312	0
881	0	2097	0	3313	0
882	0	2098	0	3314	0
883	0	2099	0	3315	0
884	0	2100	2	3316	0
885	0	2101	2	3317	18
886	0	2102	2	3318	0
887	0	2103	22	3319	27
888	0	2104	0	3320	1
889	0	2105	0	3321	0
890	0	2106	0	3322	0
891	0	2107	16	3323	0
892	0	2108	2	3324	0
893	0	2109	2	3325	0
894	0	2110	0	3326	0
895	10	2111	0	3327	54
896	10	2112	0	3328	0
897	0	2113	0	3329	0
898	0	2114	0	3330	1
899	0	2115	0	3331	6
900	0	2116	0	3332	1
901	0	2117	0	3333	1
902	0	2118	0	3334	34
903	0	2119	0	3335	0
904	0	2120	0	3336	0
905	0	2121	0	3337	0
906	0	2122	0	3338	0
907	0	2123	0	3339	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
908	0	2124	0	3340	53
909	0	2125	0	3341	0
910	0	2126	0	3342	0
911	0	2127	0	3343	10
912	0	2128	0	3344	1
913	0	2129	0	3345	11
914	0	2130	0	3346	1
915	0	2131	0	3347	0
916	0	2132	0	3348	0
917	0	2133	0	3349	41
918	0	2134	32	3350	0
919	0	2135	37	3351	0
920	0	2136	34	3352	0
921	0	2137	20	3353	27
922	0	2138	0	3354	14
923	0	2139	0	3355	29
924	0	2140	0	3356	0
925	0	2141	29	3357	0
926	0	2142	10	3358	0
927	0	2143	30	3359	14
928	0	2144	18	3360	32
929	0	2145	26	3361	0
930	0	2146	8	3362	0
931	0	2147	0	3363	41
932	0	2148	18	3364	0
933	0	2149	13	3365	0
934	0	2150	2	3366	0
935	0	2151	0	3367	10
936	0	2152	0	3368	8
937	0	2153	0	3369	38
938	0	2154	32	3370	0
939	0	2155	0	3371	0
940	0	2156	5	3372	0
941	0	2157	29	3373	0
942	0	2158	0	3374	0
943	0	2159	0	3375	0
944	0	2160	38	3376	0
945	0	2161	31	3377	13

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
946	0	2162	3	3378	10
947	0	2163	21	3379	10
948	0	2164	0	3380	0
949	0	2165	0	3381	0
950	0	2166	0	3382	0
951	0	2167	0	3383	0
952	0	2168	0	3384	0
953	0	2169	4	3385	0
954	0	2170	2	3386	17
955	0	2171	45	3387	10
956	0	2172	5	3388	0
957	0	2173	48	3389	0
958	0	2174	49	3390	0
959	0	2175	49	3391	0
960	0	2176	38	3392	0
961	0	2177	34	3393	0
962	0	2178	37	3394	0
963	0	2179	0	3395	10
964	0	2180	0	3396	22
965	0	2181	0	3397	0
966	0	2182	0	3398	0
967	0	2183	0	3399	0
968	0	2184	0	3400	0
969	0	2185	0	3401	0
970	0	2186	0	3402	0
971	10	2187	0	3403	0
972	10	2188	52	3404	0
973	10	2189	0	3405	0
974	0	2190	0	3406	0
975	0	2191	0	3407	0
976	0	2192	4	3408	0
977	0	2193	40	3409	0
978	14	2194	23	3410	0
979	0	2195	0	3411	0
980	0	2196	0	3412	0
981	0	2197	0	3413	0
982	14	2198	0	3414	0
983	14	2199	0	3415	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
984	0	2200	0	3416	15
985	0	2201	0	3417	15
986	0	2202	0	3418	0
987	14	2203	0	3419	0
988	0	2204	0	3420	0
989	0	2205	23	3421	0
990	0	2206	29	3422	0
991	0	2207	40	3423	0
992	0	2208	0	3424	0
993	0	2209	53	3425	0
994	0	2210	23	3426	0
995	14	2211	26	3427	0
996	0	2212	2	3428	0
997	0	2213	0	3429	0
998	0	2214	0	3430	0
999	0	2215	0	3431	0
1000	0	2216	0	3432	0
1001	0	2217	0	3433	0
1002	0	2218	0	3434	0
1003	0	2219	0	3435	0
1004	0	2220	0	3436	0
1005	0	2221	0	3437	0
1006	2	2222	0	3438	0
1007	16	2223	1	3439	0
1008	0	2224	1	3440	0
1009	0	2225	44	3441	10
1010	0	2226	0	3442	0
1011	0	2227	0	3443	0
1012	44	2228	0	3444	0
1013	2	2229	0	3445	0
1014	0	2230	0	3446	0
1015	0	2231	25	3447	0
1016	49	2232	55	3448	0
1017	34	2233	41	3449	0
1018	26	2234	1	3450	0
1019	0	2235	0	3451	10
1020	18	2236	0	3452	10
1021	12	2237	0	3453	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
1022	34	2238	0	3454	0
1023	0	2239	1	3455	0
1024	2	2240	0	3456	0
1025	0	2241	50	3457	0
1026	0	2242	1	3458	0
1027	0	2243	0	3459	0
1028	0	2244	0	3460	10
1029	27	2245	0	3461	0
1030	9	2246	0	3462	0
1031	2	2247	0	3463	0
1032	2	2248	0	3464	0
1033	0	2249	0	3465	0
1034	36	2250	0	3466	0
1035	2	2251	0	3467	0
1036	33	2252	10	3468	10
1037	37	2253	0	3469	0
1038	21	2254	0	3470	0
1039	0	2255	0	3471	0
1040	0	2256	0	3472	0
1041	0	2257	0	3473	10
1042	0	2258	0	3474	0
1043	0	2259	0	3475	0
1044	0	2260	0	3476	0
1045	0	2261	29	3477	0
1046	11	2262	0	3478	0
1047	0	2263	0	3479	0
1048	0	2264	0	3480	0
1049	0	2265	0	3481	0
1050	0	2266	0	3482	0
1051	0	2267	0	3483	0
1052	0	2268	0	3484	0
1053	0	2269	0	3485	0
1054	0	2270	41	3486	0
1055	0	2271	0	3487	0
1056	0	2272	30	3488	0
1057	33	2273	14	3489	0
1058	0	2274	0	3490	0
1059	0	2275	0	3491	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
1060	0	2276	0	3492	0
1061	0	2277	0	3493	0
1062	0	2278	0	3494	0
1063	0	2279	22	3495	0
1064	0	2280	0	3496	0
1065	35	2281	0	3497	0
1066	0	2282	0	3498	0
1067	25	2283	0	3499	0
1068	0	2284	0	3500	0
1069	0	2285	0	3501	0
1070	0	2286	0	3502	0
1071	0	2287	10	3503	0
1072	0	2288	10	3504	0
1073	0	2289	0	3505	0
1074	0	2290	0	3506	0
1075	2	2291	0	3507	0
1076	0	2292	10	3508	0
1077	0	2293	0	3509	0
1078	0	2294	0	3510	10
1079	0	2295	0	3511	0
1080	5	2296	10	3512	0
1081	0	2297	10	3513	0
1082	0	2298	10	3514	0
1083	32	2299	10	3515	0
1084	0	2300	0	3516	0
1085	0	2301	0	3517	10
1086	0	2302	0	3518	0
1087	3	2303	0	3519	0
1088	0	2304	10	3520	0
1089	45	2305	10	3521	0
1090	0	2306	45	3522	0
1091	7	2307	23	3523	0
1092	38	2308	0	3524	0
1093	39	2309	0	3525	10
1094	2	2310	0	3526	0
1095	49	2311	0	3527	0
1096	0	2312	0	3528	0
1097	19	2313	0	3529	10

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
1098	0	2314	0	3530	0
1099	0	2315	0	3531	0
1100	0	2316	0	3532	14
1101	10	2317	0	3533	0
1102	39	2318	0	3534	0
1103	32	2319	0	3535	0
1104	0	2320	0	3536	14
1105	36	2321	15	3537	14
1106	47	2322	0	3538	0
1107	48	2323	0	3539	0
1108	56	2324	0	3540	14
1109	0	2325	0	3541	14
1110	50	2326	0	3542	0
1111	43	2327	0	3543	0
1112	2	2328	0	3544	0
1113	0	2329	15	3545	0
1114	0	2330	0	3546	0
1115	0	2331	0	3547	0
1116	0	2332	0	3548	0
1117	0	2333	0	3549	0
1118	0	2334	15	3550	14
1119	0	2335	0	3551	0
1120	0	2336	0	3552	0
1121	0	2337	0	3553	0
1122	25	2338	0	3554	0
1123	0	2339	0	3555	14
1124	19	2340	15	3556	0
1125	0	2341	15	3557	0
1126	0	2342	0	3558	0
1127	0	2343	0	3559	0
1128	0	2344	0	3560	0
1129	55	2345	0	3561	0
1130	0	2346	0	3562	0
1131	0	2347	0	3563	2
1132	0	2348	0	3564	0
1133	0	2349	0	3565	2
1134	0	2350	0	3566	2
1135	0	2351	0	3567	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
1136	0	2352	0	3568	0
1137	0	2353	0	3569	17
1138	0	2354	0	3570	0
1139	0	2355	0	3571	0
1140	0	2356	0	3572	0
1141	1	2357	0	3573	0
1142	0	2358	0	3574	0
1143	0	2359	0	3575	0
1144	0	2360	0	3576	0
1145	0	2361	0	3577	0
1146	0	2362	0	3578	0
1147	21	2363	0	3579	0
1148	53	2364	0	3580	0
1149	0	2365	0	3581	0
1150	0	2366	0	3582	0
1151	0	2367	0	3583	17
1152	0	2368	10	3584	2
1153	1	2369	0	3585	37
1154	27	2370	0	3586	0
1155	26	2371	0	3587	0
1156	12	2372	0	3588	0
1157	23	2373	0	3589	0
1158	28	2374	0	3590	0
1159	25	2375	0	3591	0
1160	0	2376	0	3592	0
1161	20	2377	0	3593	37
1162	22	2378	0	3594	0
1163	26	2379	0	3595	0
1164	0	2380	0	3596	10
1165	0	2381	0	3597	0
1166	0	2382	0	3598	29
1167	0	2383	0	3599	0
1168	0	2384	0	3600	0
1169	0	2385	0	3601	0
1170	40	2386	0	3602	23
1171	30	2387	0	3603	24
1172	29	2388	0	3604	30
1173	29	2389	0	3605	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
1174	5	2390	0	3606	0
1175	0	2391	0	3607	0
1176	37	2392	0	3608	0
1177	13	2393	0	3609	0
1178	0	2394	0	3610	0
1179	0	2395	0	3611	40
1180	0	2396	0	3612	38
1181	0	2397	0	3613	18
1182	0	2398	0	3614	0
1183	0	2399	0	3615	0
1184	29	2400	0	3616	0
1185	0	2401	0	3617	0
1186	0	2402	0	3618	0
1187	27	2403	0	3619	0
1188	10	2404	0	3620	0
1189	0	2405	0	3621	0
1190	0	2406	10	3622	0
1191	15	2407	10	3623	50
1192	10	2408	0	3624	0
1193	0	2409	0	3625	24
1194	0	2410	0	3626	28
1195	0	2411	0	3627	8
1196	0	2412	0	3628	28
1197	10	2413	0	3629	5
1198	0	2414	0	3630	0
1199	0	2415	0	3631	30
1200	0	2416	0	3632	36
1201	0	2417	0	3633	0
1202	0	2418	0	3634	0
1203	0	2419	0	3635	8
1204	0	2420	0	3636	29
1205	0	2421	0	3637	37
1206	0	2422	0	3638	0
1207	0	2423	10	3639	0
1208	0	2424	10	3640	0
1209	0	2425	0	3641	0
1210	0	2426	0	3642	0
1211	0	2427	0	3643	0

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
1212	0	2428	0	3644	4
1213	0	2429	0	3645	0
1214	45	2430	0	3646	43
1215	0	2431	0	3647	29
1216	0	2432	0	3648	28
				3649	9
