

Captações de esgotos sanitários em tempo seco em galerias de águas pluviais: proposta de discussão sobre critérios e parâmetros de dimensionamento

Dry-weather sewage intakes in storm sewers: a discussion proposal about design criteria and parameters

• **Data de entrada:**
21/07/2021

• **Data de aprovação:**
04/02/2022


Ana Cristina Rodrigues Lopes^{1*} | Sheila Karoline Kusterko¹ | Isaac Volschan Jr.¹

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2023.014>

ORCID ID

Lopes ACR  <https://orcid.org/0000-0001-7512-9835>

Kusterko SK  <https://orcid.org/0000-0001-9600-7378>

Volschan Jr. I  <https://orcid.org/0000-0001-8634-8857>

Resumo

O presente artigo se propõe a fomentar a discussão técnica sobre a padronização dos critérios de concepção e dimensionamento de estruturas de interceptação e captação de esgotos sanitários indevidamente veiculados pelo sistema de drenagem pluvial urbana. Com base na premissa de que o planejamento dessa estratégia deva inicialmente avaliar a capacidade de admissão do sistema de esgotamento sanitário a jusante, o trabalho sugere, por meio de um diagrama de apoio à decisão, um roteiro para o dimensionamento de dois diferentes modelos de estruturas de captação: do tipo anteparo e vertedor de soleira e vertedor de descarga livre. Embora os critérios e parâmetros propostos tenham como base referências técnicas já normatizadas para projetos hidráulico-sanitários de esgotamento sanitário e de drenagem pluvial, observa-se que os mesmos ainda envolvem outras variáveis de natureza hidrológica, hidráulica e ambiental. Por fim, com base no roteiro sugerido para a concepção e o dimensionamento, o trabalho contempla a aplicação de um estudo de caso.

Palavras-chave: Esgotos sanitários. Águas pluviais. Captação em tempo seco. Sistema separador absoluto.

Abstract

This article aims to promote the technical discussion on the standardization of the design and dimensioning criteria of structures for intercepting and sanitary sewage intakes improperly conveyed by the urban rainwater drainage system. Based on the premise that the planning of this strategy should initially assess the inlet capacity of the downstream sewage system, the work suggests, through a decision support diagram, a roadmap for the dimensioning of two different models of intakes structures: of the bulkhead and sill spillway type and free discharge spillway. Although the proposed criteria and parameters are based on technical references already standardized for sanitary sewage and rainwater drainage projects, it is observed that they still involve other variables of a hydrological, hydraulic and environmental nature. Finally, based on the suggested script for the design and dimensioning, the work includes the application of a case study.

Keywords: Sanitary sewage. Rainwater. Dry-weather intakes. Absolute separator system.

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - Brasil.

* **Autora correspondente:** lopesanacristina@hotmail.com.

1 INTRODUÇÃO

Ainda que a realidade de grande parte das cidades brasileiras tenha como práxis o indevido uso do sistema drenagem pluvial para também coletar e afastar esgotos sanitários, é importante distinguir os princípios que cercam a adoção e a aplicabilidade do modelo de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto no Brasil. Essa opção tem origem na compreensão histórica da engenharia hidráulica acerca da influência que os regimes de chuvas dos climas temperado e tropical —notadamente a intensidade, duração e frequência das mesmas— exerceriam sobre o funcionamento dos modelos separador e unitário. Importante sempre ratificar que, no contexto do sistema separador, e diferentemente de um sistema unitário convencional, a concepção e o projeto de engenharia de um sistema de drenagem pluvial urbana tem como foco específico a coleta e o afastamento das águas pluviais. Por sua vez, é sabido que o aporte indevido de esgotos sanitários ao sistema de drenagem pluvial— geralmente proveniente de ligações prediais clandestinas, interligação de extravasores da rede coletora e de estações elevatórias— e contribuições advindas de aglomerações subnormais conferem ineficiência ao funcionamento do sistema separador absoluto (VOLSCHAN JR., 2020).

Ao requerer o estabelecimento de normas e metas para substituição de supostos sistemas unitários por sistemas de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto, a Lei Federal nº.14.026/2020 (BRASIL, 2020), que define o novo marco legal do saneamento no país, evidencia a proposta de captação de esgotos sanitários em sistemas de drenagem pluvial em períodos de tempo seco como estratégia de atingimento de metas progressivas de universalização dos serviços de esgotamento sanitário. Na verdade, estruturas de captação em tempo seco (CTS) já são empregadas em áreas urbanas formais dotadas de sistemas de esgotamento sa-

nitário do tipo separador absoluto, no sentido de interceptar deflúvios poluídos que não deveriam estar presentes no sistema de drenagem pluvial. As cidades do Rio de Janeiro e de Salvador, municípios das Regiões Serrana e dos Lagos do estado do Rio de Janeiro, e mais recentemente Florianópolis, são exemplos do emprego dessa estratégia, na busca pelo controle da poluição por esgotos sanitários em áreas litorâneas e por condições de balneabilidade de suas águas recreacionais. Em áreas urbanas informais, ocupadas por aglomerações subnormais e desprovidas de adequada infraestrutura de saneamento, tais como loteamentos irregulares e favelas, a estratégia também encontra aplicabilidade, interceptando os efluentes conduzidos pelos elementos de drenagem pluvial existentes e transferindo-os para o sistema separador absoluto formal.

Diferentemente dos casos anteriores, o que o novo marco legal agora evidencia consiste em proposta de emprego da mesma estratégia para a situação de áreas urbanas formais ainda desprovidas de sistema separador absoluto. No caso, estruturas de CTS teriam o objetivo de interceptar deflúvios poluídos veiculados pelos sistemas de drenagem pluvial e, mediante coletores tronco e interceptores, transportá-los para uma estação de tratamento de esgotos. A estratégia configuraria parte e etapa inicial de um plano de implantação gradual do sistema separador absoluto, que em um primeiro momento contaria com os elementos de transporte e tratamento, para posteriormente contar com a separação da rede coletora. Futuramente, as mesmas estruturas de CTS serviriam como elementos redundantes de proteção dos corpos d'água, oferecendo maior eficiência ao sistema separador então definitivamente implantado.

Em todos os casos, em períodos de tempo seco (ausência de chuva), a estratégia promove a interceptação de efluentes poluídos, cuja origem são, basicamente, esgotos sanitários e águas de

recarga de base do lençol freático. Já em períodos de tempo chuvoso, a partir da incorporação do escoamento superficial de águas pluviais, a estrutura de CTS propicia o extravasamento da parcela do deflúvio afluente não interceptado. Caso o sistema de esgotamento sanitário admita, poderá a estrutura da CTS ainda interceptar águas pluviais relativas aos primeiros minutos de chuva, os quais promovem a lavagem da superfície urbanizada, e servir ao controle da poluição difusa devida ao *runoff* de *first flush*. Por outro lado, se reconhece que a contribuição de vazão devida ao *first flush* pode estabelecer condições operacionais adversas e comprometer a vida útil de ativos do sistema de esgotamento sanitário.

A quantificação da vazão a ser interceptada, doravante denominada vazão afluente máxima de projeto ($Q_{a \text{ projeto}}$), deve ser definida mediante medição em campo ou estimada com base em critérios usuais de quantificação de vazão de águas urbanas. Atividades de medição de vazão em campo deverão ser planejadas e ajustadas no sentido de considerar ou não a influência de eventos pluviométricos de ocorrência recente. De outra forma, quando estimada, a vazão de esgotos sanitários deverá contemplar, como convencionalmente, a contribuição de vazões de infiltração em coletores de esgotos, e poderá ou não incorporar os coeficientes de variação de vazão (k_1 e k_2).

A distribuição da vazão afluente à unidade de CTS, entre a tubulação de derivação do deflúvio interceptado e o sistema de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto, e o seu respectivo vertedor de extravasamento, depende da avaliação da capacidade de suporte do primeiro, com base na definição da parcela da vazão afluente que o sistema admite receber, doravante denominada vazão admissível (Q_{ad}). Critérios de ordem quantitativa regerão a admissão da vazão ao sistema separador absoluto, mas critérios qualitativos que considerem alterações

na composição dos esgotos deverão também ser considerados. Choques de carga hidráulica e orgânica deverão ser sempre evitados. A definição da cota de assentamento do vertedor de soleira, por meio da qual ocorrerá o extravasamento de parcela da vazão afluente máxima de projeto não admitida pelo sistema de esgotamento sanitário, doravante denominada vazão de extravasamento na CTS (Q_{eCTS}), é o que principalmente consiste no dimensionamento hidráulico de uma unidade de CTS. No sentido da definição da vazão admissível (Q_{ad}), a avaliação da capacidade quantitativa e qualitativa de suporte do sistema separador absoluto existente depende de modelagem hidráulica-sanitária por parte do prestador dos serviços de esgotamento sanitário, e deve ser de conhecimento das autoridades de controle ambiental e de regulação da prestação dos serviços de esgotamento sanitário.

Mesmo que limitado à vazão admissível (Q_{ad}) imposta pelo sistema separador absoluto, o dimensionamento hidráulico-sanitário de uma CTS busca garantir a eficiência máxima da unidade para períodos de tempo seco (ausência de chuva). Já em períodos de tempo chuvoso (presença de chuva), a partir da incorporação do escoamento superficial de águas pluviais, a eficiência de uma CTS reduz-se à medida que aumentam a intensidade, frequência e duração de eventos pluviométricos. Na verdade, a eficiência da unidade também é função da dimensão e declividade da bacia hidrográfica, da densidade populacional, e da forma de ocupação e uso do solo. Quanto maior a dinâmica da energia de propagação do fluxo por meio da bacia hidrográfica, menor tende a ser a efetividade da CTS (ZAWILSKI; BRZEZIŃSKA, 2014). Assim, a eficiência instantânea de interceptação de uma CTS (E) é função da razão entre a vazão interceptada na CTS (Q_i) e o deflúvio instantaneamente afluente, doravante denominado vazão afluente (Q_a). A efetividade de uma CTS representa uma visão de mais longa duração, baseada na avaliação da magnitude e

frequência de deflúvios afluentes interceptados ou extravasados e é expressa com base na vazão e carga de poluentes.

Basicamente, uma CTS pode obedecer a dois diferentes modelos: anteparo e vertedor de soleira e vertedor de descarga livre. No primeiro caso, ocorre a instalação de um anteparo fixo, de barramento ascendente, que impossibilita a continuação do escoamento da vazão de tempo seco e da sua descarga em um corpo hídrico receptor. Quando implantado em uma galeria de águas pluviais, o anteparo é construído junto ao fundo da estrutura de interceptação, constituindo um vertedor de soleira fixo. Quando implantado na calha fluvial de um córrego ou riacho, consistiria em uma comporta de bloqueio de fluxo. No modelo vertedor de descarga livre não ocorre a instalação de anteparo e a interceptação se realiza em função do vertimento e da descarga livre de galerias de águas pluviais ou cursos d'água superficiais (COPPETEC, 2018).

Os aspectos técnicos a seguir indicados foram destacados por Volschan Jr. (2020) como importantes fatores de reflexão sobre a estratégia de adoção de estruturas de CTS, a saber: (i) otimização locacional da estrutura no sistema de drenagem pluvial a ser interceptado; (ii) definição do modelo a ser adotado; (iii) estimativa da eficiência de interceptação de vazões e cargas de deflúvios poluídos; (iv) avaliação da conformidade ambiental dos extravasamentos de deflúvios não interceptados; (v) avaliação de impactos sobre o sistema de drenagem pluvial a montante, incluindo o comprometimento do escoamento hidráulico, sedimentação e deposição de sólidos, geração de gases odorificantes, atração de vetores, e corrosão de tubulações de concreto; (vi) avaliação quanto aos impactos ao ambiente circunvizinho; (vii) avaliação quanto aos impactos sobre o sistema de esgotamento sanitário a jusante, incluindo flutuações nas características dos esgotos e eventual sobrecarga ou choque de

cargas hidráulica e orgânica, aporte de sólidos grosseiros e de material mineral pesado, e eventual intrusão salina; (viii) definição do arranjo e traçado dos interceptores; (ix) requisitos gerais de operação e manutenção; (x) viabilidade econômico-financeira; (xi) governança dos sistemas de águas urbanas, incluindo a estratégia na base de ativos reconhecida pela regulação; (xii) normatização técnica visando à padronização dos respectivos critérios de concepção, dimensionamento, projeto, operação e manutenção. O presente artigo propõe a reflexão visando fomentar discussão técnica acerca desse último fator.

2 METODOLOGIA

2.1 Balanço hídrico no entorno da CTS

A determinação da vazão máxima de dimensionamento da CTS (Q_{dim}) estará limitada à vazão admissível (Q_{ad}) pelo sistema separador absoluto. Enquanto inferior à vazão admissível (Q_{ad}), a vazão máxima de dimensionamento da CTS (Q_{dim}) corresponderá à vazão afluente máxima de projeto ($Q_{a\text{ projeto}}$). Quando superior, corresponderá à vazão admissível (Q_{ad}). Independentemente da determinação da vazão máxima de dimensionamento da CTS (Q_{dim}), é sabido que a estrutura de CTS estará sempre sujeita à variação do deflúvio instantaneamente afluente (representado como a vazão afluente Q_a), tanto em períodos de tempo seco como em períodos de tempo chuvoso. Portanto, mesmo que projetada para uma dada vazão máxima de dimensionamento (Q_{dim}), em regime de escoamento livre e de acordo com o tirante relativo máximo de 75% (y/D), entende-se que a tubulação de derivação do deflúvio interceptado poderá, em períodos chuvosos, operar sob maior vazão que a vazão máxima de dimensionamento (Q_{dim}), mediante tirante relativo maior que 75% (y/D) e até mesmo como conduto forçado, quando a altura da lâmina d'água na estrutura de interceptação da CTS for maior que o diâmetro (D)

da tubulação de derivação. No caso, o deflúvio efetivamente interceptado, doravante denominado vazão interceptada (Q_i), corresponderá à diferença entre a vazão afluyente (Q_a) e a vazão de extravasamento na CTS (Q_{eCTS}). Por outro lado, todavia, observa-se que, em períodos chuvosos, os mesmos critérios de dimensionamento não serão capazes de garantir que a vazão interceptada (Q_i) seja inferior à vazão admissível (Q_{ad}). Para essa garantia, entende-se que o controle da vazão admissível (Q_{ad}) deverá então ser exercido por meio do extravasor (ladrão) de alguma esta-

ção elevatória à jusante. No caso, como ilustrado na Fig. 1, sendo a vazão de bombeamento (Q_b) menor ou igual à vazão admissível (Q_{ad}), a diferença entre a vazão interceptada (Q_i) e a vazão de bombeamento (Q_b) corresponderá à vazão de extravasamento na elevatória (Q_{eB}). O roteiro de cálculo para dimensionamento de uma CTS depende do modelo a ser adotado: anteparo e vertedor de soleira ou vertedor de descarga livre. A seguir são discutidos os critérios e parâmetros específicos ao dimensionamento de cada um dos modelos.

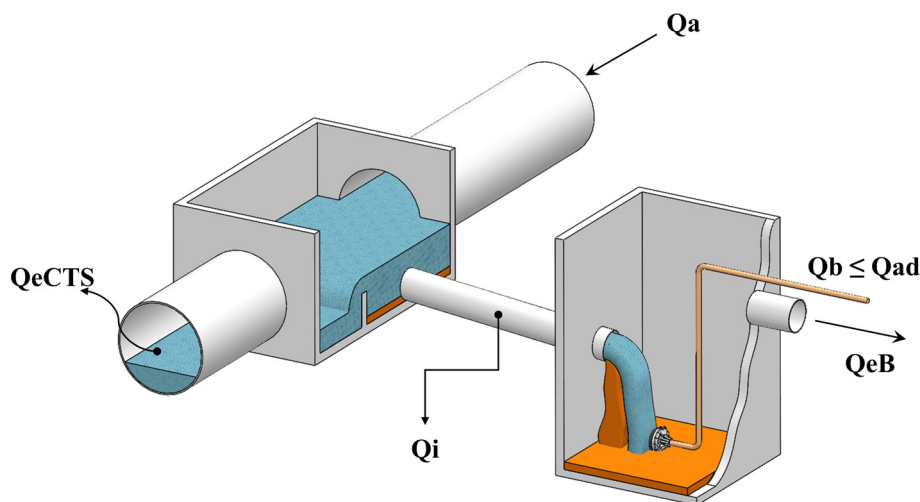


Figura 1 - Fatores e variáveis em uma estrutura de CTS

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Onde:

$Q_{a \text{ projeto}}$: vazão afluyente máxima de projeto, corresponde ao deflúvio que se pretende interceptar

Q_a : vazão afluyente, corresponde ao deflúvio instantâneo em períodos seco ou chuvoso

Q_{ad} : vazão admissível, corresponde ao limite máximo de recepção pelo sistema separador absoluto

Q_{dim} : vazão de dimensionamento da tubulação de derivação do deflúvio interceptado

Q_i : vazão interceptada, corresponde ao deflúvio interceptado em períodos secos ou chuvosos

Q_{eCTS} : vazão de extravasamento através da CTS em períodos secos ou chuvosos

Q_b : vazão de bombeamento através da estação elevatória

Q_{eB} : vazão de extravasamento através da estação elevatória em períodos secos ou chuvosos

2.2 Estruturas de anteparo e vertedor de soleira

São duas as situações que podem distinguir a configuração de uma estrutura de anteparo e vertedor de soleira. Ambas dependem da avaliação da capacidade suporte do sistema separador

absoluto, com base na vazão admissível (Q_{ad}), e da determinação da vazão de dimensionamento da CTS (Q_{dim}). Na situação a seguir denominada como Caso A, tem-se a vazão admissível (Q_{ad}) pelo sistema separador absoluto segundo valor maior ou igual que a vazão afluyente máxima de projeto ($Q_{a\ projeto}$) à CTS. No caso, entende-se que a dimensão B, correspondente à altura do anteparo (vertedor de soleira), deva ser maior que a dimensão D, correspondente ao diâmetro da tubulação de derivação do deflúvio interceptado. Contrariamente, na situação a seguir denominada como Caso B, havendo a restrição de recepção da totalidade da vazão afluyente máxima de projeto ($Q_{a\ projeto}$) pelo sistema separador absoluto, o que consequentemente resultará em extravasamento através da CTS, entende-se que a dimensão do anteparo (B) deva ser menor que a dimensão do diâmetro (D) da tubulação de derivação.

No Caso A, em que a vazão afluyente máxima de projeto ($Q_{a\ projeto}$) é menor que a vazão admissível (Q_{ad}), em períodos de tempo seco, a altura da lâmina d'água na estrutura de interceptação da CTS (y_{CTS}) é equivalente ao tirante hidráulico na tubulação de derivação, e ambos correspondem à vazão interceptada (Q_i). Como ilustra a Fig. 2(a), o tirante hidráulico será sempre menor que a altura do anteparo (B) e menor que o diâmetro (D) da tubulação de derivação. Entretanto, inevitavelmente, em períodos de chuva, a altura da lâmina d'água na estrutura de interceptação CTS aumentará, alcançando dimensão menor (y_{CTS}) ou maior (y'_{CTS}) que o diâmetro (D) e menor ou maior que o anteparo (B). Enquanto a altura da lâmina d'água na estrutura de interceptação (y_{CTS}) for inferior ao diâmetro (D), ocorre 100% de interceptação da vazão afluyente máxima de projeto ($Q_{a\ projeto}$) em regime de escoamento livre. De outra forma, quando maior que o diâmetro (D), mas ainda menor que a altura do anteparo (B), o nível d'água correspondente à altura da lâmina d'água na estrutura de interceptação da CTS (y'_{CTS}) não mais corresponderia ao nível do

tirante hidráulico de uma tubulação sob escoamento livre, porém equivaleria ao nível da carga hidráulica (h) ofertada ao regime de escoamento em conduto forçado. Neste caso, estaria também assegurada a interceptação de 100% da vazão afluyente máxima de projeto ($Q_{a\ projeto}$). Por sua vez, quando o nível d'água correspondente à altura da lâmina d'água na estrutura de interceptação da CTS (y'_{CTS}), equivalente ao nível da carga hidráulica (h), elevar-se para maior que o anteparo (B), ocorre o extravasamento através do vertedor de soleira (vazão de extravasamento na CTS, Q_{eCTS}), conferindo perda de carga equivalente à dimensão hv. Da mesma forma que o caso anterior, a tubulação de derivação estaria sob regime de conduto forçado, mas não mais interceptaria 100% da vazão afluyente máxima de projeto ($Q_{a\ projeto}$). Em todas as situações em que a tubulação de derivação operar sob a condição de conduto forçado, a carga hidráulica (h) corresponderia à diferença entre a altura da lâmina d'água na estrutura de interceptação da CTS (y'_{CTS}) e o centro da tubulação de derivação. Em períodos de tempo chuvoso e nas situações em que a altura da lâmina d'água na estrutura de interceptação da CTS (y'_{CTS}) for maior que o diâmetro da tubulação de derivação (D), no sentido de evitar a sobrecarga hidráulica da mesma, sugere-se que a altura do anteparo (B) seja minimizada, tendo como referência o diâmetro da tubulação de derivação (D), podendo esta altura ser fixada, por exemplo, como equivalente a 110% do diâmetro. Caso atribua-se maior dimensão para a altura do anteparo (B), durante períodos chuvosos, ocorreria a interceptação de vazões maiores que a vazão admissível (Q_{ad}), requerendo que as mesmas sejam evitadas a partir do controle da vazão de bombeamento (Q_b) de uma estação elevatória a jusante.

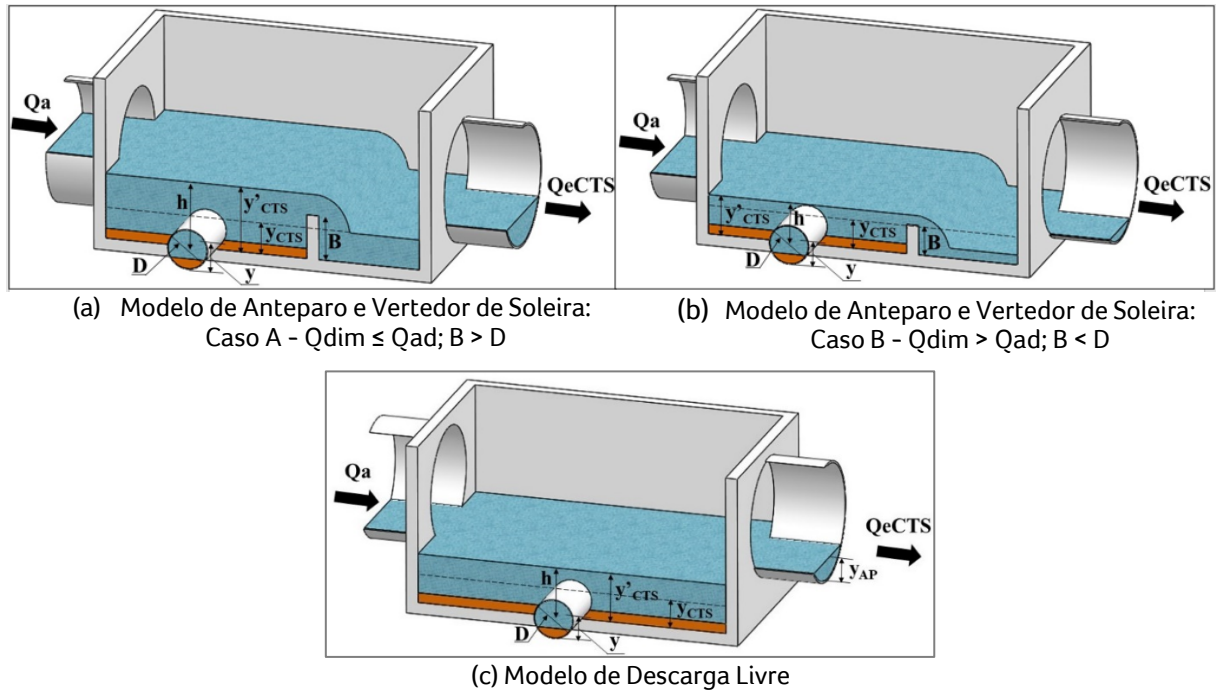
No Caso B, em que a vazão afluyente máxima de projeto ($Q_{a\ projeto}$) é maior que a vazão admissível (Q_{ad}), a vazão de dimensionamento da CTS (Q_{dim}) corresponderá à esta última. Nesse caso, como ilustra a Fig. 2(b), a altura do anteparo B será equi-

valente à lâmina d'água na estrutura de interceptação da CTS (y_{CTS}), imposta pelo tirante hidráulico correspondente à vazão admissível (Q_{ad}) pelo sistema separador absoluto e limitado a 75% do diâmetro da tubulação de derivação. Consequentemente, em períodos de tempo seco, para vazões afluentes (Q_a) inferiores à vazão admissível (Q_{ad}), a lâmina d'água na estrutura de interceptação da CTS (y_{CTS}) será sempre menor que a altura do anteparo (B), resultando em 100% de interceptação da vazão afluente (Q_a) e sob regime de escoamento livre. Contrariamente, para vazões afluentes (Q_a) superiores à vazão admissível (Q_{ad}) pelo sistema separador absoluto, tanto em períodos de tempo seco como em períodos de tempo chuvoso, ocorrerá extravasamento e a dimensão da lâmina d'água na estrutura de interceptação da CTS (y_{CTS} ou y'_{CTS}) assumirá valor maior que a dimensão do anteparo (B), conferindo perda de carga equivalente à dimensão hv. Entretanto, é importante ressaltar que para essas mesmas condições (y_{CTS} ou $y'_{CTS>B}$), ainda que a dimensão do anteparo (B) seja menor que o diâmetro (D), a tubulação de derivação operará sob regime de escoamento livre, enquanto a lâmina d'água na estrutura de interceptação da CTS (y_{CTS}) for menor que o diâmetro (D), e sob regime de conduto forçado quando a lâmina d'água (y'_{CTS}) for maior que o diâmetro (D). Nessa última condição, a altura da lâmina d'água na estrutura de interceptação da CTS (y'_{CTS}) não mais corresponderia ao nível do tirante hidráulico de uma tubulação sob escoamento livre, porém equivaleria ao nível da carga hidráulica (h) ofertada ao regime de escoamento em conduto forçado.

2.3 Estruturas de vertedor de descarga livre

Diferentemente da forma discutida para o modelo de anteparo e vertedor de soleira, para a estrutura de vertedor de descarga livre é prevista somente uma estratégia de dimensionamento: com base na vazão de dimensionamento (Q_{dim}), fazer coincidir as cotas das geratrizes inferiores das

tubulações de águas pluviais afluente e efluente à cota do nível d'água correspondente ao tirante hidráulico relativo de 75% (y/D) na tubulação de derivação. Neste caso, garantiria-se a devida interceptação de vazões afluentes (Q_a) inferiores ou igual à vazão de dimensionamento (Q_{dim}), obrigando ao extravasamento de vazões (Q_{eCTS}) superiores a esta em períodos de tempo seco ou chuvoso através da própria galeria de águas pluviais efluente. A Fig. 2(c) ilustra as principais dimensões de uma estrutura de CTS do tipo vertedor de descarga livre. Observa-se a coincidência entre as cotas das geratrizes inferiores das tubulações afluente e efluente de águas pluviais e a cota do nível d'água correspondente ao tirante hidráulico relativo de 75% (y/D), como estratégia de dimensionamento baseada na vazão de dimensionamento (Q_{dim}). Para as situações em que a vazão afluente (Q_a) for maior que a vazão de dimensionamento (Q_{dim}), tanto em períodos de tempo seco como em períodos de tempo chuvoso, observa-se que a variação da altura da lâmina d'água (y_{CTS} ou y'_{CTS}) na estrutura de interceptação CTS é governada, aproximadamente, pela variação do tirante hidráulico na galeria de águas pluviais (y_{AP}). No caso, quando o tirante hidráulico na tubulação de derivação alcançar dimensão relativa maior do que 75%, sempre ocorrerá extravasamento através da galeria de águas pluviais efluente, sendo a vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) correspondente ao tirante hidráulico nessa mesma tubulação. No caso, enquanto a altura da lâmina d'água na estrutura de interceptação CTS (y_{CTS}) for menor que o diâmetro (D), será mantido o regime de escoamento livre na tubulação de derivação. Entretanto, quando a altura da lâmina d'água superar o diâmetro (D), a tubulação de derivação passará a operar sob regime de conduto forçado, sendo a carga hidráulica (h) correspondente, também aproximadamente, à diferença entre o nível d'água imposto pelo tirante hidráulico da tubulação de água pluviais afluente e o centro da tubulação de derivação.



Legenda: ■ Vazão de tempo seco ■ Vazão de período chuvoso

Figura 2 (a), (b) e (c) - Modelos Anteparo e Vertedor de Soleira e de Descarga Livre.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

y : tirante hidráulico na tubulação de derivação, correspondente à vazão afluyente em períodos secos ou chuvosos e ao regime de escoamento livre

y_{CTS} : altura da lâmina d'água na estrutura de interceptação da CTS, coincidente a y

y'_{CTS} : altura da lâmina d'água na estrutura de interceptação da CTS, correspondente à vazão afluyente somente em períodos chuvosos e ao regime de conduto forçado na tubulação de derivação

h : função de y'_{CTS} , equivale a carga hidráulica aplicada à tubulação de derivação em regime de conduto forçado e corresponde à diferença entre o nível d'água imposto pela lâmina d'água na estrutura de interceptação da CTS (y'_{CTS}) e a cota correspondente ao centro da tubulação de derivação

y_{AP} : tirante hidráulico na galeria de águas pluviais em períodos secos ou chuvosos

2.4 Diagrama para apoio à decisão

O diagrama da Fig. 3 a seguir ilustra as etapas do processo de decisão para concepção e dimensionamento hidráulico de uma estrutura de CTS em galeria pluvial. A primeira etapa para a concepção de uma estrutura de CTS depende da definição da vazão afluyente máxima de projeto, a qual corresponde ao deflúvio poluído de maior magnitude que se pretende efetivamente interceptar ($Q_{a \text{ projeto}}$). Em tempo seco (Q_{ts}), o deflúvio é somente devido aos esgotos sanitários (Q_{esg}) e à recarga de base proveniente do lençol freático (Q_{rb}). Em períodos chuvosos, além destes, pode ao deflúvio poluído ser adicionada a contribuição de água pluvial devida aos primeiros momentos de precipitação (*first flush*, Q_{ff}). Paralelamente, deve-se avaliar a capacidade do sistema separador absoluto admitir (Q_{ad}) de assimilar a contribuição da vazão máxima que se pretende

efetivamente interceptar ($Q_{a\text{projeto}}$), e que é resultado de verificação da capacidade hidráulica-sanitária de todas as unidades à jusante, incluindo etapas de coleta, transporte e tratamento. Caso maior que a vazão admissível (Q_{ad}), a vazão máxima de dimensionamento (Q_{dim}) será igual à vazão admissível (Q_{ad}); caso contrário, será igual à vazão afluyente máxima de projeto ($Q_{a\text{projeto}}$).

A definição do diâmetro (D) e da declividade (i) da tubulação de derivação obedece aos mesmos critérios e parâmetros de dimensionamento de um coletor de esgotos sanitários; no caso, a garantia de manutenção da tensão trativa mínima de 1,0 Pa, tirante relativo máximo (y/D) equivalente a 75% do diâmetro e velocidade máxima de escoamento inferior à velocidade crítica. Ambos os critérios devem ser assegurados para as situações mais restritivas. Portanto, no horizonte de projeto, a tensão trativa mínima de 1,0 Pa deverá ser assegurada para a menor vazão afluyente à tubulação de derivação, no caso, a vazão de tempo seco de início de plano ($Q_{ts\text{inicial}}$). Já o tirante relativo máximo (y/D) deverá ser assegurado para a maior vazão afluyente, no caso a vazão máxima de dimensionamento (Q_{dim}).

Definidos o diâmetro e a declividade da tubulação de derivação da CTS, deve-se decidir o modelo a ser adotado para a estrutura: anteparo e vertedor de soleira ou vertedor de descarga livre. Em se tratando do modelo de anteparo e vertedor de soleira, a depender da capacidade admitida pelo sistema de esgotamento sanitário, deve-se optar pelos modelos Caso A ou Caso B, como anteriormente descritos. Em tempo seco, para qualquer um dos modelos, enquanto o tirante hidráulico (y) na tubulação de derivação for menor que o diâmetro (D), ocorrerá interceptação sob regime de escoamento livre: no modelo anteparo e vertedor de soleira, a interceptação corresponderá a 100% da vazão afluyente (Q_a); no modelo de vertedor de descarga livre, a interceptação corresponderá a 100% da vazão afluyente

enquanto o tirante hidráulico (y) na tubulação de derivação for menor que 75% do diâmetro (D). Por outro lado, em períodos chuvosos, a interceptação ocorrerá sob regime de escoamento livre até o limite em que o tirante hidráulico (y) na tubulação de derivação for menor que o diâmetro (D). A partir dessa dimensão, mesmo que projetada para uma dada vazão máxima de dimensionamento ($Q_{dim\text{máx}}$), em regime de escoamento livre e de acordo com o tirante relativo máximo de 75% (y/D), a tubulação de derivação do deflúvio interceptado operará em períodos chuvosos sob vazão maior que a vazão máxima de dimensionamento ($Q_{dim\text{máx}}$), mediante tirante relativo maior que 75% (y/D), e até mesmo como conduto forçado. No caso, a tubulação estará sujeita à carga hidráulica correspondente à lâmina d'água (y'_{CTS}) na estrutura de CTS. Assim, a vazão interceptada (Q_i) corresponderá à diferença entre a vazão afluyente (Q_a) e a vazão de extravasamento na CTS (Q_{eCTS}).

Como ilustra o diagrama da Fig. 3, a vazão máxima de dimensionamento (Q_{dim}) poderá ser menor (Caso A) ou maior (Caso B) que a vazão admissível pelo sistema de esgotamento sanitário (Q_{ad}), tanto durante períodos de tempo seco como durante períodos chuvosos. No Caso A, em períodos de tempo seco, a altura do anteparo (B) será sempre maior que o diâmetro (D), sugerindo-se dimensão equivalente a 110% do diâmetro; neste caso, o tirante absoluto (y) será sempre menor que o diâmetro (D) e que o anteparo (B); a vazão interceptada (Q_i) corresponderá a 100% da vazão afluyente (Q_a); e a tubulação de derivação estará sujeita ao escoamento livre. No caso B, também em períodos de tempo seco, a altura do anteparo (B) será sempre menor que o diâmetro (D) e igual ao tirante absoluto (y), este último equivalente ao tirante relativo máximo igual a 75% do diâmetro (D); da mesma forma, a vazão interceptada (Q_i) corresponderá a 100% da vazão afluyente (Q_a) e a tubulação de derivação também estará sujeita ao escoamento livre. Para períodos chuvosos, no

Caso A, enquanto o tirante absoluto (y) for menor que o diâmetro D , a tubulação de derivação estará sujeita ao escoamento livre e promoverá a interceptação de 100% da vazão afluyente (Q_a). Para a altura da lâmina d'água (y'_{CTS}) na estrutura de CTS maior do que o diâmetro (D), passa-se ao regime de conduto forçado, e enquanto a mesma for menor do que a altura do anteparo (B), 100% da vazão afluyente (Q_a) será interceptada. Caso contrário, para a altura da lâmina d'água (y'_{CTS}) maior do que a altura do anteparo (B), ocorre-

rá extravasamento, sendo a vazão extravasada (Q_{eCTS}) função da perda de carga no vertedor de soleira (h_v). A perda de carga no vertedor (h_v) corresponde à altura da lâmina d'água que verte sobre a soleira do vertedor de extravasamento. A vazão extravasada (Q_{eCTS}) pode ser simplificada calculada segundo Azevedo Netto et al. (1998), com base na Fórmula de Francis, considerando o desenho de um vertedor retangular sem contrações laterais.

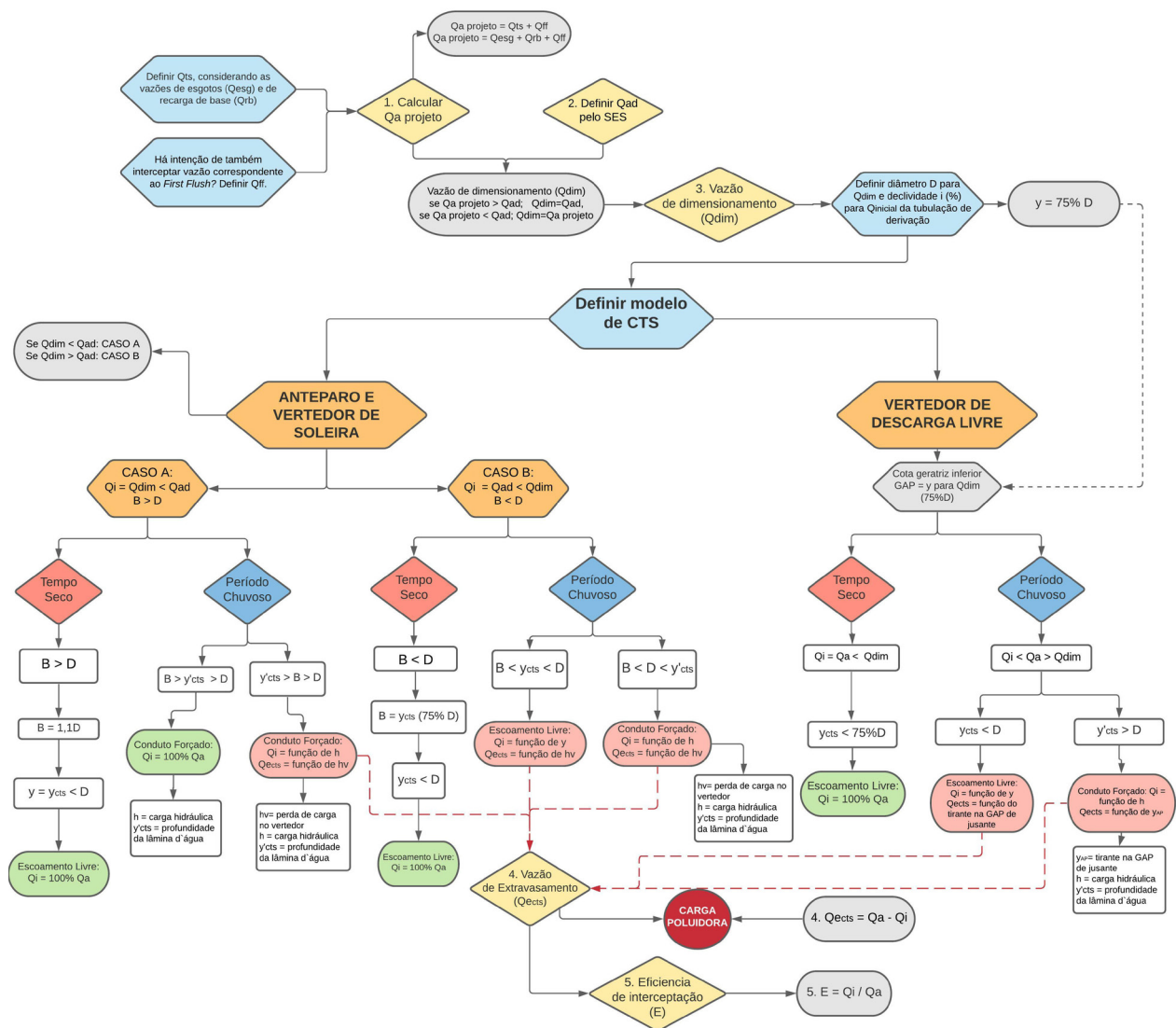


Figura 3 - Diagrama de apoio ao processo de decisão para concepção e dimensionamento hidráulico de uma estrutura de CTS. Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

No Caso B, durante períodos chuvosos, a partir do momento em que o tirante absoluto (y) ultrapassa a dimensão do anteparo B, mas permanece inferior ao diâmetro (D), a tubulação de derivação continuará sujeita ao escoamento livre. Assim, a vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) será função da perda de carga no vertedor e a vazão interceptada (Q_i) corresponderá à diferença entre a vazão afluyente (Q_a) e a vazão de extravasamento na CTS (Q_{eCTS}). Entretanto, em períodos chuvosos, quando a altura da lâmina d'água (y'_{CTS}) for maior que o diâmetro (D), a tubulação de derivação estará sujeita ao regime de conduto forçado. A vazão interceptada (Q_i) será função da carga hidráulica (h), a qual corresponderá à diferença entre o nível d'água na estrutura de CTS e o centro da tubulação de derivação (igual à metade do diâmetro). Para a determinação da vazão interceptada (Q_i), pode-se aplicar a equação de descarga em bocais e tubos curtos, de acordo com Azevedo Netto et al. (1998).

Para o modelo tipo “descarga livre”, observa-se que são iguais as cotas das geratrizes inferiores das tubulações afluyente e efluyente da GAP e a cota do nível d'água correspondente ao tirante hidráulico relativo de 75% (y/D) na tubulação de derivação. Durante períodos de tempo seco, enquanto o tirante hidráulico (y) na tubulação de derivação for menor que 75% do seu respectivo diâmetro (D), ocorrerá 100% de interceptação da vazão afluyente (Q_a). Já nos períodos chuvosos, enquanto o tirante hidráulico (y) na tubulação de derivação ainda for menor que o seu respectivo diâmetro (D), ocorrerá interceptação sob o regime de escoamento livre, sendo a vazão interceptada função da altura desse tirante hidráulico (y). Já a vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) será função do tirante hidráulico na GAP à jusante (y_{AP}). Em períodos chuvosos, quando a altura da lâmina d'água na estrutura de CTS (y'_{CTS}) for maior que o diâmetro (D), a tubulação de derivação estará sujeita ao regime de conduto forçado. A vazão interceptada (Q_i) será função da carga hidráulica

(h), a qual também corresponderá à diferença entre o nível d'água na estrutura de CTS (y'_{CTS}) e o centro da tubulação de derivação (igual a metade do diâmetro). A vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) também será função do tirante hidráulico na GAP à jusante (y_{AP}).

Em qualquer um dos casos, o produto da vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) e a concentração de um determinado poluente (P) sempre corresponderá à carga poluidora afluyente (L_{aCTS}) ao corpo d'água receptor. Por sua vez, a eficiência percentual de interceptação instantânea de uma CTS (E) equivalerá à parcela da vazão afluyente (Q_a) a ser efetivamente interceptada (Q_i).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O exemplo a seguir descreve o dimensionamento de uma estrutura de CTS para a interceptação de um deflúvio em tempo seco, decorrente da mistura de 0,5 L/s de esgotos sanitários (Q_{esg}) e 1,5 L/s de recarga de base (Q_{rb}). Não se pretende interceptar vazão correspondente ao *first flush*. Apesar de adotada tubulação de derivação em PEAD, optou-se, em nome da segurança, por considerar o coeficiente de Manning (n) igual a 0,013. A largura de 1,0 m foi adotada para o vertedor na estrutura de CTS. O exemplo desconsidera qualquer efeito de remanso no escoamento hidráulico das tubulações de drenagem pluvial ou de esgotamento sanitário. O exercício será desenvolvido com base nas seguintes simulações:

- **Simulação Caso A:** modelo anteparo e soleira, em que a vazão admissível pelo sistema separador absoluto (Q_{ad}) é maior que a vazão máxima de dimensionamento ($Q_{dim\ máx}$);
- **Simulação Caso B:** modelo anteparo e soleira, em que a vazão admissível pelo sistema separador absoluto (Q_{ad}) é menor que a vazão máxima de dimensionamento ($Q_{dim\ máx}$);
- **Simulação Modelo Descarga Livre.**

Considerando a vazão de tempo seco de 2,0 L/s, a determinação da declividade mínima da tubulação de derivação será calculada com base na expressão a seguir indicada, conforme recomendado pela norma técnica NBR 9649:

$$I_{0\text{mín}} = 0,0055 \cdot (Q_{ts\text{ inicial}})^{-0,47}, \text{ onde } Q_{ts\text{ inicial}} \text{ em L/s.}$$

$$I_{0\text{mín}} = 0,0055 \cdot (2,0)^{-0,47} = 0,0040 \text{ m/m}$$

Definida a declividade da tubulação de derivação, seu diâmetro será determinado com base na vazão máxima de dimensionamento ($Q_{\text{dim máx}}$), e que resulte no tirante relativo de 75%. De acordo com a Equação de Manning, para o diâmetro de 200 mm (diâmetro interno de 0,18 m), o tirante relativo de 75% corresponde a vazão de 14,5 L/s.

3.1 Simulação Caso A: Supondo a vazão admissível pelo sistema separador absoluto (Q_{ad}) de 20 L/s

Neste caso, para a vazão admissível pelo sistema separador absoluto (Q_{ad}) maior do que a vazão máxima de dimensionamento ($Q_{\text{dim máx}}$), segue-se a orientação do Caso A, como anteriormente descrito e indicado no diagrama da Fig. 3. Como ilustra o desenho da Fig. 2, a altura do anteparo (B) da estrutura de CTS corresponderá ao somatório entre a dimensão equivalente a 110% do diâmetro interno e a dimensão correspondente a uma espessura da tubulação, portanto:

- Diâmetro interno da tubulação de 200 mm: $D_{\text{int.}} = 0,18 \text{ m};$
- Espessura da tubulação de 200 mm: $e = 0,0096 \text{ m}$
- Altura do anteparo B: $B = 1,1 \times D_i + e = 1,1 \times 0,18 + 0,0096 = 0,21 \text{ m}$

Em função da variação da vazão afluyente decorrente de períodos de tempo seco e períodos chuvosos, a Tabela 1 a seguir indica o comportamento do nível d'água na estrutura de CTS e na tubulação de derivação, destacando-se: vazão afluyente (Q_a), vazão interceptada (Q_i), vazão de extravasamento (Q_{eCTS}), lâmina d'água na estrutura de CTS e tirante hidráulico na tubulação de derivação (y), lâmina d'água na estrutura de CTS (y'_{CTS}), carga hidráulica na estrutura de CTS (h) e perda de carga no vertedor de soleira (h_v). De acordo com as indicações da Tabela 1, tem-se que: (i) até a lâmina d'água de 0,136 m na estrutura de CTS (igual ao tirante hidráulico na tubulação de derivação), ocorre a interceptação de 100% da vazão afluyente (Q_a) até o limite de 14,5 L/s, mediante escoamento livre, e de acordo com o critério de 75% do tirante relativo (y/D) máximo; (ii) entre 0,136 m e 0,179 m de lâmina d'água na estrutura de CTS (igual ao tirante hidráulico na tubulação de derivação), ocorre a interceptação de 100% da vazão afluyente (Q_a), mediante escoamento livre, até o tirante relativo de 99% (y/D), o qual corresponde à vazão de 17,0 L/s; (iii) a partir dessa dimensão, não mais se impõe o escoamento livre, porém escoamento mediante conduto forçado, permitindo a interceptação de 100% da vazão afluyente (Q_a) até a lâmina d'água de 0,208 m; no caso até a vazão afluyente de 18,75 L/s; (iv) a partir da lâmina d'água de 0,208 m (vazão afluyente de 18,75 L/s), passa a ocorrer o extravasamento através do vertedor de soleira (largura de 1,0 m), mantendo-se o escoamento forçado na tubulação de derivação. A vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) calculada em função da perda de carga no vertedor (h_v) aumenta em função do incremento da vazão afluyente (Q_a) e do nível d'água (y'_{CTS}) na estrutura de CTS. Da mesma forma, a vazão de interceptação (Q_i), uma vez que a mesma é função da carga hidráulica (h). Por exemplo, para a lâmina d'água de 0,251 m na estrutura de CTS, equivalente à perda de carga no vertedor (h_v)

de 0,042 m, tem-se a vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) de 16,0 L/s e a vazão de interceptação (Q_i) de 21,9 L/s; e (v) em função do balanço hídrico no entorno da CTS, obtém-se a eficiência de interceptação de 58% da vazão afluyente e da carga poluidora equivalente.

3.2 Simulação Caso B: Supondo a vazão admissível pelo sistema separador absoluto (Q_{ad}) de 10 L/s

Nesse caso, para a vazão admissível pelo sistema separador absoluto (Q_{ad}) menor do que a vazão máxima de dimensionamento ($Q_{dim\ máx}$), segue-se a orientação do Caso B, como anteriormente descrito e indicado no diagrama da Fig. 3. A altura do anteparo (B) da estrutura de CTS corresponderá à dimensão equivalente ao tirante relativo de 75% na tubulação de derivação, portanto:

- Diâmetro interno da tubulação de 200 mm:
 $D_{int.} = 0,18m$;
- Altura do anteparo B: $B = 0,75 \times D_i = 0,75 \times 0,18 = 0,136m$

Em função da variação da vazão afluyente decorrente de períodos de tempo seco e períodos chuvosos, a Tabela 1 a seguir indica o comportamento do nível d'água na estrutura de CTS e na tubulação de derivação, da seguinte forma: (i) até a lâmina d'água de 0,136m na estrutura de CTS (igual ao tirante hidráulico na tubulação de derivação), ocorre a interceptação de 100% da vazão afluyente (Q_a) até o limite de 14,5 L/s, mediante escoamento livre, e de acordo com o critério de 75% do tirante relativo (y/D) máximo; (ii) a partir da lâmina d'água de 0,136m (para vazões afluyentes maiores que 14,5 L/s), passa a ocorrer o extravasamento através do vertedor de soleira, mantendo-se o escoamento livre na tubulação de derivação, porém mediante tirante relativo maior do que 75%, até

o limite do tirante hidráulico de 0,179m (y). A partir deste, a tubulação de derivação passará a operar mediante conduto forçado. Enquanto escoamento livre, a vazão de interceptação será sempre função do tirante hidráulico (y) na tubulação de derivação. Por outro lado, a vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) na estrutura de CTS será calculada em função da perda de carga no vertedor (h_v). Por exemplo, para a lâmina d'água de 0,179 m na estrutura de CTS, no limite da transição de escoamento livre para conduto forçado, tem-se uma perda de carga no vertedor (h_v) de 0,043 m, resultando em vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) de 16,61 L/s e em vazão de interceptação (Q_i) de 17,0 L/s; (iii) a partir da lâmina d'água na estrutura de CTS maior do que 0,18m, não mais se impõe o escoamento livre, porém escoamento mediante conduto forçado. A vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) também calculada em função da perda de carga no vertedor (h_v), aumenta em função do incremento da vazão afluyente (Q_a) e do nível d'água (y'_{CTS}) na estrutura de CTS. Da mesma forma, aumenta a vazão de interceptação (Q_i), uma vez que a mesma é função da carga hidráulica (h) na estrutura de CTS. Neste caso, especificamente, a lógica para determinação do balanço hídrico no entorno da estrutura de CTS passa pelo cálculo da vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) e pelo cálculo da vazão de interceptação (Q_i), sendo a vazão afluyente (Q_a) igual ao somatório entre estas. Por exemplo, para a lâmina d'água de 0,251 m na estrutura de CTS, equivalente à perda de carga no vertedor (h_v) de 0,115 m, tem-se a vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) de 71,87 L/s. Essa mesma lâmina d'água corresponde à carga hidráulica sobre a tubulação de derivação, impondo a vazão de interceptação (Q_i) de 21,86 L/s, estimada de acordo com Azevedo Netto et al. (1998), onde é indicada a equação de descarga em bocais e tubos curtos, para o coeficiente de descarga C_d de 0,48 (relação $90 < L/D < 100$). Logo, nesse caso, a vazão afluyente (Q_a) corres-

ponderia a 93,73L/s; (iv) também em função do balanço hídrico no entorno da CTS, obtém-se a eficiência de interceptação de 23% da vazão afluyente e da carga poluidora equivalente.

3.3 Simulação Modelo Descarga Livre

No modelo em descarga livre, o vertedor da CTS corresponde à própria GAP a jusante, conforme se ilustra no desenho da Fig. 2 (c). Como anteriormente discutido, as cotas das geratrizes inferiores das galerias de águas pluviais afluyente e efluyente à CTS coincidem com a cota do nível d'água correspondente ao tirante hidráulico relativo de 75% (y/D) na tubulação de derivação. Portanto:

- Diâmetro interno da tubulação de 200 mm: $D_{int.} = 0,18\text{m}$;
- Cota da geratriz inferior da GAP: $y_{75\% \text{ tub. derivação}} = 0,136\text{ m}$;
- GAP a jusante: diâmetro de 600 mm, material de concreto, e declividade de 0,03 m/m.

Em função da variação da vazão afluyente decorrente de períodos de tempo seco e períodos chuvosos, a Tabela 1 a seguir indica o comportamento do nível d'água na estrutura de CTS e na tubulação de derivação. Além dos mesmos itens sugeridos para os Casos A e B, a Tabela 1 apresenta o tirante hidráulico na GAP a jusante (y_{AP}). De acordo com as indicações da Tabela 1, tem-se que: (i) até a lâmina d'água de 0,136 m na estrutura de CTS (igual ao tirante hidráulico na tubulação de derivação), ocorre a intercep-

tação de 100% da vazão afluyente (Q_a) até o limite de 14,5 L/s, mediante escoamento livre, e de acordo com o critério de 75% do tirante relativo (y/D) máximo; (ii) a partir da lâmina d'água de 0,136 m (vazão afluyente de 14,5 L/s), passa a ocorrer o extravasamento através da própria GAP a jusante, mantendo-se o escoamento livre na tubulação de derivação até o limite da lâmina d'água de 0,179 m, o qual corresponderia ao tirante relativo de 99% (y/D) e a vazão de 17,0 L/s. Por sua vez, a vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) é estimada com base no tirante hidráulico na GAP a jusante (y_{AP}), de acordo com a Equação de Manning. Por exemplo, para a lâmina d'água de 0,179 m na estrutura de CTS, correspondente ao tirante hidráulico de 0,043 m na GAP a jusante, tem-se a vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) de 2,27 L/s e a vazão de interceptação (Q_i) de 17,0 L/s; (iii) a partir da lâmina d'água de 0,179 m, não mais se impõe o escoamento livre na tubulação de derivação, porém escoamento mediante conduto forçado. A vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) aumenta em função do incremento da vazão afluyente (Q_a) e do nível d'água (y'_{CTS}) na estrutura de CTS. Da mesma forma, a vazão de interceptação (Q_i), uma vez que a mesma é função da carga hidráulica (h). Por exemplo, para a lâmina d'água de 0,251 m na estrutura de CTS, correspondente ao tirante hidráulico de 0,115 m na GAP, tem-se a vazão de extravasamento (Q_{eCTS}) de 23,53 L/s e a vazão de interceptação (Q_i) de 21,86 L/s; (iv) em função do balanço hídrico no entorno da CTS, obtém-se a eficiência de interceptação de 48% da vazão afluyente e da carga poluidora equivalente.

Tabela 1 - Exemplo de dimensionamento

ANTEPARO / VERTEADOR DE SOLEIRA												VERTEADOR DE DESCARGA LIVRE									
2 Vazão Dimensionamento (l/s) =				14.50								2 Vazão Dimensionamento (l/s) =		14.50							
Altura do Vertedor de Soleira - B (m)												Cota da Geratriz Inferior da Gap (m)									
Caso A: 0,208				Caso B: 0,136								0,136									
1 Vazão Afluente Q_a (L/s)		3 Vazão Interceptada Q_i (L/s)		Tempo Seco		Período Chuvoso						1 Vazão Afluente Q_a (L/s)		Q_i (L/s)		Tempo Seco		Período Chuvoso			
						6 Tirante Hidráulico y (m)		"8 Perda de Carga na Soleira do Vertedor de Extravasamento hV (m)"		10 Carga Hidráulica h (m)								3 Vazão Interceptada		5 Tirante Hidráulico y (m)	
4 Eficiência de Interceptação (%)		5 Tirante Hidráulico y (m)		7 Altura da Lâmina d'água y'_{CTS} (m)		9 Vazão de Extravasamento Q_{eCTS} (L/s)		11 Profundidade da Lâmina d'água H (m)		4 Eficiência de Interceptação (%)		5 Tirante Hidráulico y (m)		7 Altura da Lâmina d'água y'_{CTS} (m)		9 Vazão de Extravasamento Q_{eCTS} (L/s)		11 Profundidade da Lâmina d'água H (m)			
				7 Altura da Lâmina d'água y'_{CTS} (m)		9 Vazão de Extravasamento Q_{eCTS} (L/s)		11 Profundidade da Lâmina d'água H (m)						7 Altura da Lâmina d'água y'_{CTS} (m)		9 Vazão de Extravasamento Q_{eCTS} (L/s)		11 Profundidade da Lâmina d'água H (m)			
Caso A	Caso B	Caso A	Caso B	Caso A	Caso B	Caso A	Caso B	Caso A	Caso B	Caso A	Caso B										
2.00	2.00	2.0	2.0	0.043	0.043	0.043	0.043					2.00	2.00	0.043	0.043						
		100%	100%			-	-					100%	100%								
5.00	5.00	5.0	5.0	0.069	0.069	0.069	0.069					5.00	5.00	0.069	0.069						
		100%	100%			-	-					100%	100%								
8.00	8.00	8.0	8.0	0.090	0.090	0.090	0.090					8.00	8.00	0.090	0.090						
		100%	100%			-	-					100%	100%								
10.00	10.00	10.0	10.0	0.103	0.103	0.103	0.103					10.00	10.00	0.103	0.103						
		100%	100%			-	-					100%	100%								
12.00	12.00	12.0	12.0	0.118	0.118	0.118	0.118					12.00	12.00	0.118	0.118						
		100%	100%			-	-					100%	100%								
14.50	14.50	14.5	14.5	0.136	0.136	0.136	0.136					14.50	14.50	0.136	0.136						
		100%	100%			-	-					100%	100%								
16.50	20.97	16.5	16.50			0.154	0.154	-	0.018	-	-	16.76	16.50	0.154	0.018	-					
		100%	79%			-	-	-	4.47	-	0.154	98%	-	-	0.26	0.154					
16.99	33.60	16.99	16.99			0.179	0.179	-	0.043	-	-	19.26	16.99	0.179	0.043	-					
		100%	51%			-	-	-	16.61	0.179	0.179	88%	-	-	2.27	0.179					
17.30	41.13	17.30	17.30			-	-	-	0.055	0.100	0.100	21.37	17.30	-	0.055	0.100					
		100%	42%			0.191	0.191	-	23.84	0.191	0.191	81%	0.191	4.07	0.191						
18.14	48.74	18.14	18.14			-	-	-	0.065	0.110	0.110	24.23	18.14	-	0.065	0.110					
		100%	37%			0.201	0.201	-	30.60	0.201	0.201	75%	0.201	6.09	0.201						
19.15	56.84	18.94	18.94			-	-	0.002	0.075	0.120	0.120	27.52	18.94	-	0.075	0.120					
		99%	33%			0.211	0.211	0.21	37.90	0.211	0.211	69%	0.211	8.58	0.211						
22.22	65.42	19.71	19.71			-	-	0.012	0.085	0.130	0.130	31.27	19.71	-	0.085	0.130					
		89%	30%			0.221	0.221	2.51	45.71	0.221	0.221	63%	0.221	11.56	0.221						
26.58	74.44	20.45	20.45			-	-	0.022	0.095	0.140	0.140	35.49	20.45	-	0.095	0.140					
		77%	27%			0.231	0.231	6.13	53.99	0.231	0.231	58%	0.231	15.04	0.231						

continua...

Tabela 1 - Continuação...

ANTEPARO / VERTEDEDOR DE SOLEIRA												VERTEDEDOR DE DESCARGA LIVRE							
2 Vazão Dimensionamento (l/s) =				14.50								2 Vazão Dimensionamento (l/s) =		14.50					
Altura do Vertedor de Soleira - B (m)												Cota da Geratriz Inferior da Gap (m)							
Caso A: 0,208				Caso B: 0,136								0,136							
1 Vazão Afluente Q_a (L/s)		3 Vazão Interceptada Q_i (L/s)		Tempo Seco		Período Chuvoso						1 Vazão Afluente Q_a (L/s)		3 Vazão Interceptada Q_i (L/s)		Tempo Seco		Período Chuvoso	
						5 Tirante Hidráulico y (m)		6 Tirante Hidráulico y (m)		"8 Perda de Carga na Soleira do Vertedor de Extravasamento hV (m)"									
4 Eficiência de Interceptação (%)		7 Altura da Lâmina d'água y'_{CTS} (m)		9 Vazão de Extravasamento Q_{eCTS} (L/s)		11 Profundidade da Lâmina d'água H (m)		4 Eficiência de Interceptação (%)		7 Altura da Lâmina d'água y_{CTS} (m)		9 Vazão de Extravasamento Q_{eCTS} (L/s)		11 Profundidade da Lâmina d'água H (m)					
Caso A	Caso B	Caso A	Caso B	Caso A	Caso B	Caso A	Caso B	Caso A	Caso B	Caso A	Caso B								
31.85	83.88	21.17	21.17			-	-	0.032	0.105	0.150	0.150	40.19	21.17		-	0.105	0.150		
		66%	25%			0.241	0.241	10.68	62.71	0.241	0.241		53%		0.241	19.03	0.241		
37.86	93.73	21.86	21.86			-	-	0.042	0.115	0.160	0.160	45.39	21.86		-	0.115	0.160		
		58%	23%			0.251	0.251	16.00	71.87	0.251	0.251		48%		0.251	23.53	0.251		
44.53	103.96	22.53	22.53			-	-	0.052	0.125	0.170	0.170	51.08	22.53		-	0.125	0.170		
		51%	22%			0.261	0.261	22.00	81.42	0.261	0.261		44%		0.261	28.55	0.261		
51.78	114.56	23.18	23.18			-	-	0.062	0.135	0.180	0.180	57.26	23.18		-	0.135	0.180		
		45%	20%			0.271	0.271	28.59	91.37	0.271	0.271		40%		0.271	34.08	0.271		
59.56	125.51	23.82	23.82			-	-	0.072	0.145	0.190	0.190	63.93	23.82		-	0.145	0.190		
		40%	19%			0.281	0.281	35.75	101.69	0.281	0.281		37%		0.281	40.12	0.281		
67.85	136.81	24.44	24.44			-	-	0.082	0.155	0.200	0.200	71.09	24.44		-	0.155	0.200		
		36%	18%			0.291	0.291	43.41	112.38	0.291	0.291		34%		0.291	46.66	0.291		
76.60	148.45	25.04	25.04			-	-	0.092	0.165	0.210	0.210	78.73	25.04		-	0.165	0.210		
		33%	17%			0.301	0.301	51.56	123.41	0.301	0.301		32%		0.301	53.70	0.301		
85.78	160.41	25.63	25.63			-	-	0.102	0.175	0.220	0.220	86.84	25.63		-	0.175	0.220		
		30%	16%			0.311	0.311	60.16	134.79	0.311	0.311		30%		0.311	61.22	0.311		
95.39	172.69	26.20	26.20			-	-	0.112	0.185	0.230	0.230	95.41	26.20		-	0.185	0.230		
		27%	15%			0.321	0.321	69.19	146.49	0.321	0.321		27%		0.321	69.20	0.321		
105.39	185.28	26.76	26.76			-	-	0.122	0.195	0.240	0.240	104.41	26.76		-	0.195	0.240		
		25%	14%			0.331	0.331	78.63	158.51	0.331	0.331		26%		0.331	77.65	0.331		
115.78	198.16	27.31	27.31			-	-	0.132	0.205	0.250	0.250	113.84	27.31		-	0.205	0.250		
		24%	14%			0.341	0.341	88.47	170.85	0.341	0.341		24%		0.341	86.53	0.341		
126.54	211.34	27.85	27.85			-	-	0.142	0.215	0.260	0.260	123.69	27.85		-	0.215	0.260		
		22%	13%			0.351	0.351	98.68	183.49	0.351	0.351		23%		0.351	95.83	0.351		
137.65	224.81	28.38	28.38			-	-	0.152	0.225	0.270	0.270	133.92	28.38		-	0.225	0.270		
		21%	13%			0.361	0.361	109.26	196.43	0.361	0.361		21%		0.361	105.53	0.361		

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

4 CONCLUSÕES

O presente trabalho visou elucidar a compreensão do comportamento hidráulico de dois diferentes modelos de CTS, quando sujeitos às variações de vazão decorrentes de períodos de tempo seco e chuvoso. Embora os critérios e parâmetros de dimensionamento propostos tenham como base referências técnicas já normatizadas para projetos hidráulico-sanitários de esgotamento sanitário e drenagem pluvial, observa-se que os mesmos envolvem ainda outras variáveis de natureza hidrológica, hidráulica e ambiental. Neste sentido, destaca-se que funcionalidade da CTS é regida pela sua eficiência de interceptação, sendo esta última função da capacidade de admissão do sistema de esgotamento sanitário a jusante e da magnitude da contribuição da bacia hidrográfica a montante. Maximizar a interceptação da vazão afluyente corresponderá à minimização do extravasamento de cargas de poluentes nos corpos d'água, e por outro lado, possível sobrecarga ao sistema de esgotamento sanitário. A capacidade de assimilação de vazões afluentes pelo sistema de esgotamento sanitário deve ser compreendida como premissa para o planejamento da estratégia de emprego de CTS.

5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de

Nível Superior - Brasil (CAPES) [Código de Financiamento 001; 88887.606773/2021-00].

6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

7 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649:1986 - **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 7 p.

AZEVEDO NETTO, J. M. de; FERNADEZ, M. F. y; ARAUJO, R. de; EIJITO, A. **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

BRASIL. Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico; altera as Leis nº 9.984, de 17 de julho de 2000, nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, nº 11.107, de 6 de abril de 2005, nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015, nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 jan. 2020.

COPPETEC. **Análise da viabilidade técnica e econômica da implantação de estruturas de captação de esgotos sanitários em tempo seco (CTS) e de tratamento de deflúvios poluídos (UTR) no âmbito da Área de Planejamento 4 da Cidade do Rio de Janeiro**. Relatório Técnico. Julho 2018. Disponível em: <<http://www.agenersa.rj.gov.br/documentos/consultapublica/E220071452019-complexolagunar/proposta/relatorioufrj.pdf>>. Acesso em: 08 julho 2021.

VOLSCHAN JR., I. The challenge of dry-weather sewage intakes as a sustainable strategy to develop urban sanitation in the tropics, **Water Practice and Technology**. v.15, n.1, p. 38–47, 2020. <https://doi.org/10.2166/wpt.2019.084>

ZAWILSKI, M.; BRZEZIŃSKA, A. Areal rainfall intensity distribution over an urban area and its effect on a combined sewerage system. **Urban Water Journal**. v.11, n.7, p. 532–542, outubro 2014. <http://dx.doi.org/10.1080/1573062X.2013.831909>