

Proposição do Sistema de Coleta em Tempo Seco em Arraial do Cabo (RJ) para Melhoria da Qualidade Ambiental

Proposition of the Dry Weather Sewage Intake in Arraial do Cabo (RJ) to Improve Environmental Quality

Una Propuesta de Captaciones de Aguas Residuales Irregulares en el Sistema de Drenaje de Arraial do Cabo (RJ) para Mejora de la Calidad Ambiental

Aline Pires Veról

Professora Doutora, UFRJ, Brasil
alineverol@fau.ufrj.br

Marcelo Gomes Miguez

Professor Doutor, UFRJ, Brasil
marcelomiguez@poli.ufrj.br

Raquel Hemerly Tardin-Coelho

Professora Doutora, UFRJ, Brasil
tardin.r@gmail.com

Bruna Peres Battemarco

Mestre, UFRJ, Brasil
brunabattemarco@poli.ufrj.br

Victória de Araújo Rutigliani

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, UFRJ, Brasil.
rutigliani_victoria@ufrj.br

Daniel Carvalho da Costa

Graduando em Arquitetura e Urbanismo, UFRJ, Brasil.
daniel_carvalho28@hotmail.com



RESUMO

O Brasil adotou, no final do século XIX, o sistema separador absoluto, em que a coleta de esgoto sanitário é separada da de águas pluviais, sendo destinado para tratamento. Entretanto, é comum (embora não desejado) que redes de esgoto separadas acabem sendo direcionadas para corpos d'água ou que ligações de esgoto (por deficiência na rede própria) acabem sendo lançadas na drenagem. Nestes casos, o sistema perde sua funcionalidade e o ambiente se degrada, sem nenhuma proteção. Uma possível correção desta disfunção, mais imediata, é a interceptação da rede de drenagem em tempo seco e encaminhamento para tratamento, com nível de defesa para o corpo receptor semelhante à do sistema unitário. Este trabalho propõe discutir o conceito de sistema de coleta em tempo seco, e sua aplicabilidade, no município de Arraial do Cabo, RJ, com a proposição de um projeto preliminar para o sistema, calculando e comparando a carga em DBO lançada em corpo hídrico nos cenários atual e proposto. Os resultados apresentados indicam que o projeto contribui com a redução da poluição causada pelo esgoto não tratado, garantindo serviços com qualidade aceitável, equidade, e continuidade, em um processo de transição para uma solução posterior definitiva.

PALAVRAS-CHAVE: drenagem urbana, esgotamento sanitário, sistema de coleta em tempo seco.

ABSTRACT

At the end of the 19th century, Brazil adopted the separate sewerage system, in which the collection of sanitary sewage is separated from that of stormwater and is destined for treatment. However, it is common (although not desired) that separate sewage networks end up being directed to watercourses or that sewerage connections (due to a deficiency in the proper network) end up being released in the drainage. In these cases, the system loses its functionality and the environment degrades, without any protection. A more immediate possible correction of this dysfunction is the interception of the drainage network in dry-weather sewage intakes and transporting for treatment, with a level of defense for the receiving water body similar to that of the unitary sewerage system. This paper proposes to discuss the concept of dry-weather sewage intakes, and its applicability, in the municipality of Arraial do Cabo, RJ, with the proposition of a preliminary project for the system, calculating and comparing the BOD load launched in the water body in the current and proposed scenarios. The presented results indicate that the project contributes to the reduction of pollution caused by untreated sewage, ensuring services with acceptable quality, equity, and continuity, in a process of transition to a definitive later solution.

KEYWORDS: urban drainage, sewage disposal, dry-weather sewage intakes.

RESUMEN

A finales del siglo XIX, Brasil adoptó el sistema de alcantarillado separado, en el cual se independiza la evacuación de aguas residuales sanitarias del agua de lluvia, destinándose al tratamiento. Sin embargo, es común (aunque no deseado) que la red de aguas residuales termine evacuada, sin el debido tratamiento, a cuerpos de agua, o que existan contribuciones (debido a una deficiencia en la red) entre ella y la red de drenaje. En estos casos, el sistema pierde su funcionalidad y el medio ambiente se degrada, sin ninguna protección. Una posible corrección, más inmediata, de estas disfunciones es la interceptación de la red de drenaje en los periodos sin lluvia por medio de estructuras que capten las aguas residuales irregulares y las transporten para tratamiento, con un nivel de defensa para el cuerpo de agua receptor semejante al proyectado para un sistema de alcantarillado combinado. Este trabajo propone discutir el concepto de estas captaciones de aguas residuales en el sistema de drenaje durante el clima seco, y su aplicabilidad, en el municipio de Arraial do Cabo, RJ, con la propuesta de un proyecto preliminar para el sistema; y calcular y comparar la carga de DBO lanzada en el cuerpo de agua en los escenarios actuales y de proposición. Los resultados presentados indican que el proyecto genera reducciones de contaminación, causada por aguas residuales no tratadas, garantizando servicios con calidad aceptable, equidad y continuidad, en un proceso de transición hacia una posterior solución definitiva.

PALABRAS CLAVE: drenaje urbano, eliminación de aguas residuales, confluencias en sistema de alcantarillado separado

1. INTRODUÇÃO

Segundo o diagnóstico dos serviços de água e esgoto divulgado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2018), 53,2% da população brasileira é atendida pelo serviço de coleta de esgoto por meio de rede geral operada por uma prestadora do serviço. O tratamento desse efluente é algo ainda mais incomum, sendo somente 46,3% do total gerado tratado de forma adequada. Esses índices, em um país historicamente caracterizado por picos de crescimento urbano concentrados e pela presença do desenvolvimento informal desordenado, protagonizado pelas camadas mais pobres da população, resultam em um cenário de problemas estruturais de saúde ambiental, particularmente aqueles ligados à água e ao saneamento (MARTINE; MCGRANAHAN, 2010). A percepção deste cenário se agrava ainda mais quando estes índices ganham espacialidade em mapas, percebendo-se a concentração em grandes aglomerados urbanos e no litoral do país. (RODRIGUES; SILVA, 2011). A precariedade dos serviços de esgotamento sanitário se mostra como um dos maiores desafios postos à gestão pública do Brasil.

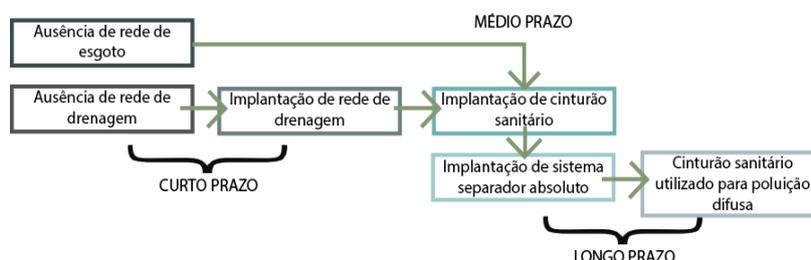
Além dos limitantes sociais e econômicos, ainda existem os técnicos e climatológicos a serem considerados quando se discute o panorama do saneamento básico no Brasil. Sendo um país colonizado por europeus, as soluções propostas até o século XIX seguiam a tendência europeia de adoção do sistema unitário, em que uma única rede é projetada para conduzir conjuntamente os efluentes de esgoto sanitário e de águas pluviais, direcionando-os para uma estação de tratamento. Em períodos de fortes chuvas, quando a contribuição do sistema de águas pluviais supera a capacidade da estação de tratamento, eles são diretamente lançados no corpo receptor, de forma diluída (VON SPERLING, 2011). No entanto, naquela época, devido ao regime de chuvas típico do clima tropical, com eventos de chuva intensa, este sistema unitário falhava com frequência, em função dos parâmetros balizados pela experiência europeia. Para comportar conjuntamente chuvas intensas e esgotos, seriam necessárias grandes galerias. Em uma época de urbanização ainda em estágio inicial, onde as ruas poderiam conduzir superficialmente os escoamentos pluviais e áreas verdes e baixas poderiam receber os excedentes de escoamento, a lógica proposta para o sistema separador permitia um investimento mais baixo, em redes de menor dimensão, apenas para o esgoto sanitário. Estes foram os principais motivos para que, a partir do final do século XIX, no Brasil, tenha sido recomendado o sistema separador absoluto, em que os efluentes de esgoto e as águas pluviais são conduzidos separadamente aos seus destinos finais. O primeiro é direcionado para a estação de tratamento e o último diretamente para o corpo hídrico. Atualmente, porém, com grandes cidades implantadas e a expansão da urbanização, demandando redes de drenagem, aquelas grandes galerias que podiam ser postergadas precisam estar presentes. Nessa situação a implantação de duas redes aumenta custos e sistemas separadores incompletos e/ou com intercomunicações, descaracterizam o funcionamento esperado da rede. Da mesma forma, quando se insiste em implantar, por economia ou descompasso no planejamento, apenas a rede

de esgotamento sanitário, como se fazia no fim do século XIX e início do século XX, a urbanização do território da cidade tende a gerar excedentes de escoamento superficial que, se não captado pela rede de drenagem, acabam por se acumular nas ruas e entrar na rede de esgotos, seja pelos poços de visita ou pelos ralos domiciliares, fazendo o sistema falhar.

Na prática, é relativamente comum (embora não desejado) que redes de esgoto separadas acabem sendo direcionadas para corpos d'água ou que ligações de esgoto acabem sendo lançadas na drenagem culminando em lançamento indevido de esgoto in natura nos corpos hídricos receptores (por deficiência na rede própria ou por insuficiência/inexistência da estação de tratamento). Nestes casos, o sistema perde sua funcionalidade e o ambiente se degrada, sem nenhuma proteção. Este cenário de efluentes combinados caracteriza o sistema misto, em que a rede é projetada e calculada para conduzir um único efluente, frequentemente águas pluviais, e recebe, não intencionalmente, cargas oriundas do outro sistema (RADESCA, 2018).

Diante do conflito entre o cenário ideal proposto pela bibliografia, em que o sistema separador absoluto é empregado em todo Brasil, e o cenário real, em que o sistema se encontra saturado e ineficiente por conta de falhas e irregularidades, surge a necessidade de uma solução intermediária que organize os efluentes a fim de encaminhá-los corretamente aos seus destinos finais e proteger os corpos hídricos. O Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro – PEDUI-RMRJ (QUANTA-LERNER, 2017) propõe, para estas situações, a implantação de redes de tempo seco como solução de transição para um sistema separador absoluto, adotando uma estratégia de gradualismo. Esta ação leva em consideração a realidade das cidades da metrópole, que crescem com pouco planejamento, com considerável grau de informalidade e restrições orçamentárias. Em áreas que cresceram sem infraestrutura, o provimento de condições sanitária mínimas se desenvolveria em três etapas (Figura 1), sendo a primeira relativa à implantação da rede de drenagem, que recebe também esgotos, afastando estes das casas. A segunda etapa se refere a implantação de cinturões interceptores para captar e tratar o efluente sanitário em tempo seco. Os cinturões protegem os corpos hídricos de lançamentos diretos da rede de esgoto, o que permite a implantação de redes separadoras gradativamente, de forma planejada e progressiva. Ao fim do processo, com a rede separadora consolidada e operante, os cinturões permanecem para serem utilizados no tratamento de poluição difusa, tornando-se um mecanismo de redundância e conferindo maior qualidade ao sistema. Os cinturões devem ser preferencialmente instalados próximos junto ao ponto de deságue no corpo hídrico, com impacto positivo na qualidade deste último.

Figura 1- Diagrama de etapas.



Fonte: Esquema adaptado de PEDUI-RMRJ (QUANTA-LERNER, 2017).

O reconhecimento da existência de restrições orçamentárias, falhas no planejamento urbano e o grau de informalidade em municípios de todo o território nacional tornam a proposta facilmente ajustável e possível de aplicar em municípios fora da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. A proposta já foi implementada, por exemplo, no projeto de despoluição da lagoa de Araruama (PROLAGOS, 2019) e da praia Beira-mar Norte em Florianópolis (FLORIANÓPOLIS, 2017), melhorando a qualidade da água e controlando níveis de carga poluidora oriunda dos municípios que as configuram; no Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário da Bahia (BAHIA, 2011); e em Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) na região serrana do Estado do Rio de Janeiro (PETRÓPOLIS, 2014; NOVA FRIBURGO, 2015; TERESÓPOLIS, 2018). Outros trabalhos (MADEIRA, 2012; DORNELLES; FADEL, 2015) realizaram estudos técnicos sobre viabilidade e impacto gerado ao interceptar o sistema de drenagem para coleta em tempo seco, sempre concluindo que a adaptação com coleta em tempo seco acelera a recuperação do corpo hídrico, com baixo investimento inicial, e torna o sistema mais eficiente, mesmo sem excluir suas ligações irregulares preexistentes.

Ressalta-se que, mesmo sendo uma solução intermediária dentro de um plano de longo prazo, a adoção da coleta em tempo seco está de acordo com a Lei 11.445/2007 (BRASIL, 2007), uma vez que ela reconhece como legítimo em seus artigos 19º e 44º o estabelecimento de metas de curto, médio e longo prazo para universalização e alcance dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental, progressivamente. Da mesma forma, ela garante ao município uma gestão integrada e mais sustentável das águas urbanas (sob o ponto de vista da capacidade de investimento e qualidade ambiental), promovendo a redução da carga poluidora e melhora na qualidade dos cursos d'água, como estabelecido pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 da nova agenda da Organização das Nações Unidas (ONU) para 2030 (UN, 2015).

Em geral, problemas urbanos remetem a uma abordagem interdisciplinar, sistêmica e participativa, reconhecendo a cidade como sistema complexo. Somente desta forma é possível compreender todas as múltiplas dinâmicas que se articulam e compõem o todo, incluindo: o espaço natural, o ambiente construído, e as pessoas que neles vivem, todos interligados e interdependentes. É importante identificar precisamente as falhas e necessidades específicas de cada local; mobilizar e engajar líderes locais e órgãos competentes; gerar respostas capazes

de impactar as diversas escalas urbanas. Com isso, cria-se um elemento-chave de análise e planejamento urbano mais sustentável e resiliente. Como demonstrado por Tardin (2018), tal ferramenta é imperativa para confrontar o desenvolvimento urbano insustentável, segmentado e não planejado que configura a realidade de diversos municípios do Brasil.

Este trabalho integra a linha de Saneamento do Projeto de Extensão Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário[1], cadastrado na Universidade Federal do Rio de Janeiro em parceria com a Prefeitura Municipal de Arraial do Cabo, no Estado do Rio de Janeiro. O projeto tem como objetivo a proposição de uma estratégia de planejamento urbano a partir de um sistema de espaços livres como elemento estruturador da ocupação e condutor do processo de urbanização, rumo à ordenação municipal de modo integrado. Esta técnica de planejamento tem como premissa a elaboração de estratégias para o planejamento urbano local que estejam refletidas em políticas públicas inter-relacionadas, voltadas para práticas locais sustentáveis (TARDIN, 2016). Dentro desse universo, o grupo de Saneamento do projeto supracitado tem como objetivo estudar e analisar a situação atual do município e propor diretrizes para a elaboração de um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) que atenda às suas necessidades específicas (VERÓL, *et al.*, 2019). Em seguida, busca-se aprofundar o estudo de cada uma das diretrizes, visando o desenvolvimento de projetos mais detalhados em resposta às questões levantadas no estudo anterior (ALVAREZ, *et al.*, 2019).

2. OBJETIVO

Este trabalho propõe discutir o conceito de sistema de coleta em tempo seco, tendo o Distrito Sede de Arraial do Cabo (RJ) como foco principal, bem como desenvolver uma proposta preliminar para o sistema, calculando e comparando a carga em DBO lançada em corpo hídrico na situação atual e no cenário proposto, com vistas a reduzir a poluição causada por esgotos não tratados e oferecer ambientes mais saudáveis e com qualidade de vida.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para desenvolver e estruturar este projeto é um desdobramento de trabalhos anteriores (VERÓL, *et al.*, 2019; ALVAREZ, *et al.*, 2019). Ela parte, portanto, da compreensão da situação atual, bem como de um diagnóstico consolidado dos sistemas de esgotamento sanitário e drenagem urbana do município em questão. Com base nesse contexto, pode-se dividir este trabalho nas seguintes etapas:

- Estudo bibliográfico sobre os tipos de sistema de esgotamento sanitário empregados no Brasil, com enfoque no sistema de coleta em tempo seco, buscando compreender suas especificidades técnicas e possibilidade de aplicação;

- Resgate do diagnóstico dos sistemas de esgotamento sanitário e drenagem urbana, desenvolvido em etapa anterior do projeto, identificando quais são os pontos mais sensíveis do município e estabelecendo uma ordem de prioridades a serem resolvidas pelo projeto;
- Pesquisa do cadastro das redes de esgoto sanitário e drenagem urbana, para que sejam analisados os pontos de interferências e estudados possíveis pontos de intervenção em projeto.
- Visita de campo para levantar dados sobre o projeto do traçado existente no município e o planejamento futuro, bem como os principais elementos que compõem o sistema (Estação de Tratamento de Esgotos, Estações Elevatórias, pontos de deságue das redes) para que se compreenda mais detalhadamente como cada parte contribui no funcionamento do sistema globalmente; deve-se, ainda, verificar a compatibilidade entre o projeto de traçado das redes com a realidade existente em campo;
- Cálculo da população atendida e não atendida e de suas respectivas vazões de esgoto, bem como da carga poluidora gerada para a área de estudo escolhida.
- Desenvolvimento de proposta de traçado dos cinturões interceptores de acordo com a rede identificada, de forma que se maximize a proteção da bacia hidrográfica com mínima intervenção possível e, em seguida, cálculo da carga poluidora gerada nesta situação de proteção em tempo seco;

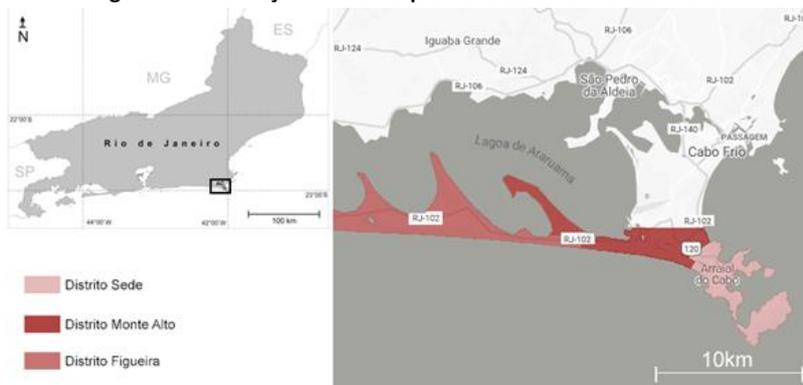
Neste trabalho optou-se por uma metodologia de cálculo das vazões e cargas geradas utilizando dados obtidos a partir de do IBGE e SNIS, aplicando fórmulas convencionadas pela bibliografia.

- Comparação entre os resultados obtidos para a situação atual e para a proposta desenvolvida, analisando o possível impacto ao meio ambiente e à população local;

4. ESTUDO DE CASO: ARRAIAL DO CABO

Arraial do Cabo é uma cidade costeira, localizada na região dos Lagos, sudeste do estado do Rio de Janeiro. A Figura 2 mostra a divisão dos três distritos que compõem o município: Monte Alto, Figueira e o Distrito Sede. Juntos, os três distritos somam 152 km² de extensão e uma população de 28.866 habitantes, segundo o último censo (IBGE, 2010). Ao longo de sua história, a cidade já contou com três diferentes tipos de atividade econômica principal: a pesca artesanal; atividade industrial com a chegada da ÁLCALIS (produção de barrilha e sal); e por último, e até os dias de hoje, o turismo, por conta de suas praias, sendo popularmente conhecida como “Caribe brasileiro”.

Figura 2 - Localização do Município no Estado do Rio de Janeiro.



Fonte: Adaptação dos autores a partir de MyMaps (2020).

Em contraposição, estas mesmas praias também são retratos das principais notícias relacionadas aos problemas ambientais vividos no município, causados pelas fragilidades dos sistemas de saneamento. São problemas que atingem não apenas o meio ambiente, como também a imagem da cidade, que possui suas paisagens naturais como principal fonte econômica, e afetam a qualidade do espaço público e a vida cotidiana.

O município apresenta um sistema misto. Grande parte do material coletado é levado pelas galerias de águas pluviais para a Lagoa da Prainha ou para a Praia dos Anjos. Há outras áreas do município em que há a rede de um sistema separador absoluto não documentada (e portanto, provavelmente não completamente funcional) e ainda há locais em que não há coleta formal estabelecida nos distritos Monte Alto e Figueira.

Conforme mostra a Figura 3a, a concessionária está implantando cinturões interceptores de esgoto na Avenida Liberdade, a fim de encerrar qualquer lançamento indevido de carga poluidora na Praia dos Anjos. No entanto, as obras ainda estão em andamento e a contaminação das praias persiste, toda vez que o canal extravasa em eventos de chuva intensa, como é possível ver na Figura 3b.

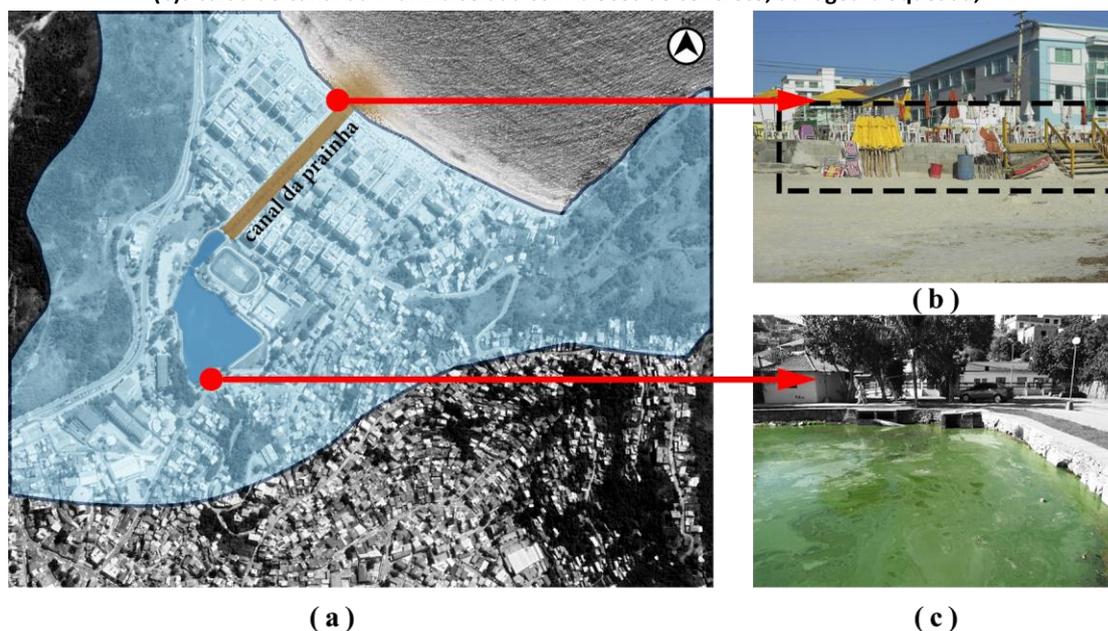
Figura 3 - (a) Obras em andamento na Av. Liberdade; (b) Saída do canal na Praia dos Anjos.



Fonte: Fotos dos autores (Agosto/2019)(Julho/2018).

Do outro lado do distrito, existe um grave problema de contaminação da Lagoa da Prainha por águas residuais lançadas das galerias de drenagem *in natura*, causando alta degradação ao corpo hídrico por conta de sua natural dificuldade de renovação das águas. Novamente identifica-se uma situação muito frágil uma vez que o único canal de renovação das águas da lagoa foi selado pela Prefeitura, para evitar a contaminação da Prainha por conta do seu alto valor turístico (Figuras 4a, 4b e 4c). Todavia, em eventos de chuva intensa, a cidade entra em estado de calamidade, por conta de inundações, e a saída do canal é reaberta na tentativa de escoar as águas que se acumulam nas ruas, e, com isso, toda a carga acumulada na lagoa extravasa diretamente na Prainha.

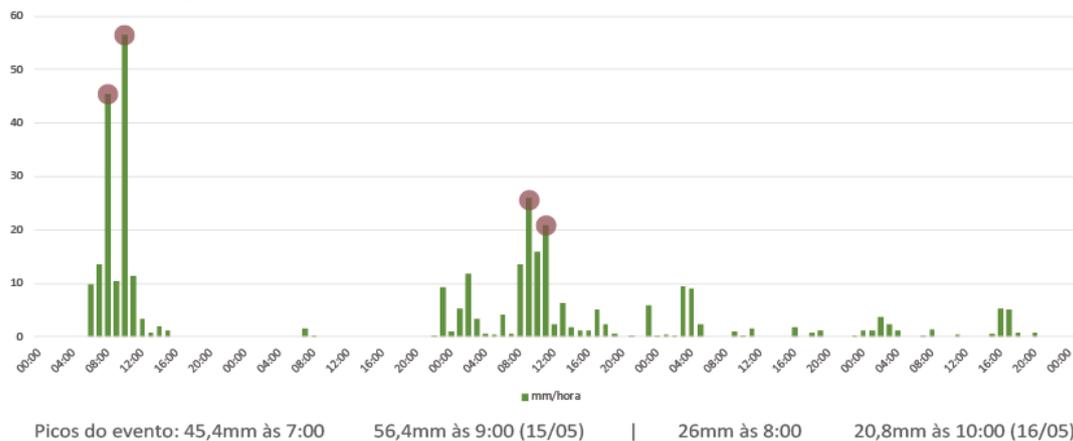
Figura 4 – (a) Representação do traçado do canal que liga a lagoa do Parque Público até a Prainha e indicação; (b) a saída do canal da Prainha selada com blocos de concreto, da lagoa bloqueada;



Fonte: Reprodução elaborada pelos autores; Fotos dos autores (Julho/2018).

Como exemplo mais recente de como o Distrito reage a eventos de chuva intensa, tem-se o evento ocorrido a partir das 05:00 do dia quinze de Maio de 2019, até às 20:00 do dia dezoito de Maio de 2019, tendo chovido 348,6 mm nesse período. A Figura 5 mostra o hietograma do evento, que gerou impacto no município, com destaque para o alagamento no entorno da lagoa da Prainha, bloqueando todas as vias de acesso daquela sub-bacia. A área do entorno do parque teve alagamentos da ordem de 50 cm de altura, segundo registros realizados pelos pesquisadores deste artigo, em visita ao local, a partir das marcas de água nos muros do parque municipal.

Figura 5 - Milímetros de chuva precipitada por hora com destaque nos picos.



Picos do evento: 45,4mm às 7:00 | 56,4mm às 9:00 (15/05) | 26mm às 8:00 | 20,8mm às 10:00 (16/05)

Fonte: Dados INMET; Gráfico gerado em Excel pelos autores.

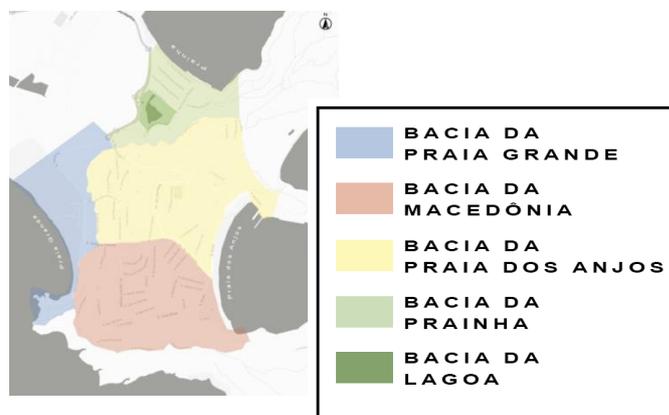
Tendo em vista todo o exposto, optou-se por centralizar o estudo deste trabalho no distrito Sede por este ser o mais densamente ocupado e vulnerável, devido aos sistemas de esgoto sanitário e drenagem urbana em colapso. A proposta desenvolvida, entretanto, pode ser extrapolada para demais áreas, impactando na qualidade de vida e do ambiente urbano.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com as obras na Avenida Liberdade, na sub-bacia da Praia dos Anjos se aproximando da conclusão, a questão prioritária do distrito se torna a sub-bacia da Prainha. A poluição da água gera mau odor e prejudica o Parque Público, ali localizado, enquanto espaço livre público. Mesmo sendo o único local de grande escala presente no município, grande parte do seu potencial como elemento da paisagem e área de lazer permanece inexplorado.

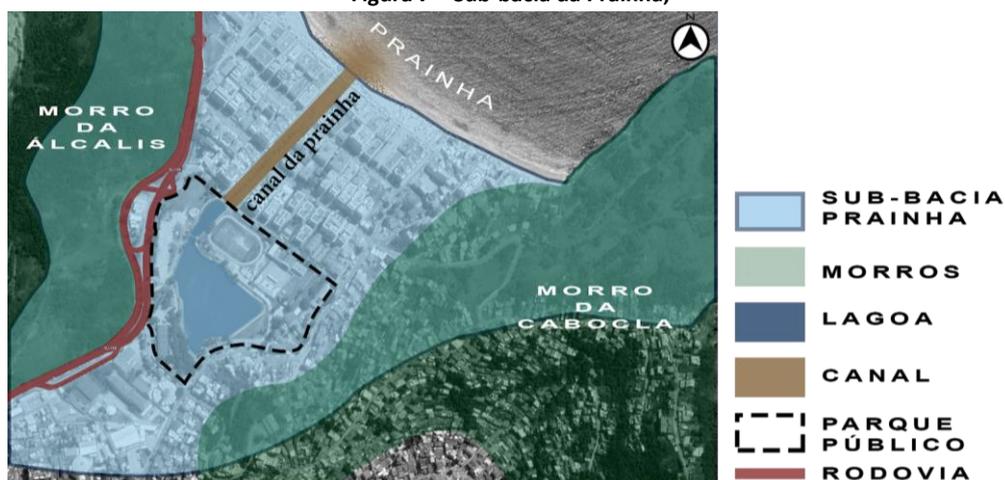
A Figura 6 ilustra a divisão das sub-bacias do Distrito Sede. Diante do potencial impacto positivo direto e indireto possível com a despoluição da lagoa, optou-se neste trabalho por desenvolver a proposta em sua respectiva sub-bacia (com destaque na Figura 7).

Figura 6 – Divisão das micro bacias no Distrito Sede;



Fonte: Adaptação dos autores a partir de MyMaps (2020).

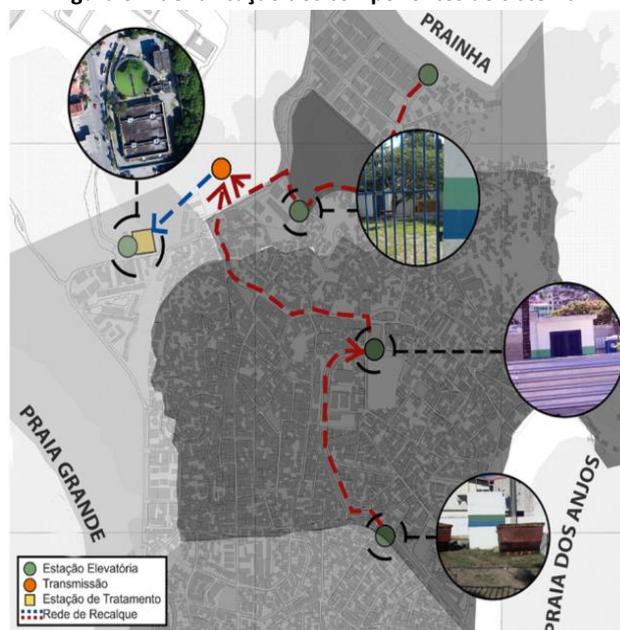
Figura 7 – Sub-bacia da Prainha;



Fonte: Adaptação dos autores a partir de MyMaps (2020).

Como ilustrado na Figura 8, o distrito Sede possui cinco estações elevatórias, que bombeiam todo o efluente coletado para a estação de transmissão, de onde segue, por gravidade, para a Estação de Tratamento de Esgotos, localizada no próprio Distrito Sede, próximo à Praia Grande (apresentada na imagem). Cada estação elevatória corresponde a uma sub-bacia do distrito, sendo a estação mais próxima à Lagoa da Prainha exclusiva para o bombeamento da água indevidamente poluída da própria lagoa.

Figura 8 - Identificação dos componentes do sistema.

Fonte: VEROL, *et al.*, 2019.

Foi feito, neste trabalho, um levantamento remoto por meio do recurso de vistas panorâmicas do Google (*Street View*) para identificação das redes existentes na sub-bacia de estudo, tendo em vista que o grupo não teve acesso ao cadastro das redes existentes. Como resultado obteve-se o mapa ilustrado na Figura 9, onde foram identificados todos os poços de visita (em vermelho), e bocas de lobo (em preto) do sistema de drenagem. Outros elementos do sistema também estão identificados na figura: as Estações Elevatórias (em verde), a Estação de Transmissão (em laranja) e a Estação de Tratamento (em amarelo).

Tendo em vista as informações obtidas junto à concessionária local, foram demarcadas no mapa, em azul claro a área atendida pelo sistema de captação em tempo seco e, em azul escuro, a área não atendida por drenagem ou rede separadora. A região onde a prestadora afirma existir o serviço de coleta em tempo seco coincide com a área onde foi identificada a maior parte dos elementos formando uma rede mais consolidada. Por outro lado, onde a prestadora afirma não haver o serviço, também é possível observar a presença constante dos elementos, o que confirma a consistência nos dados apresentados na imagem.

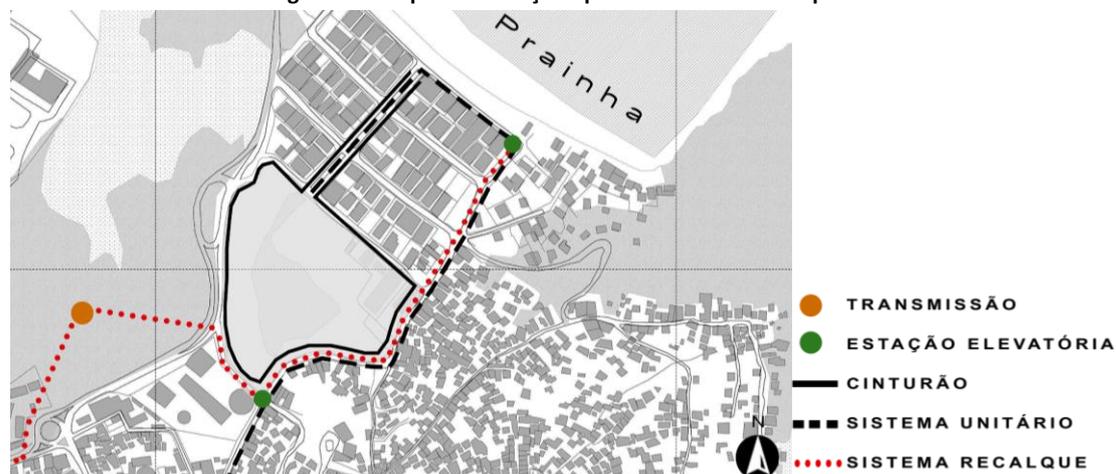
Figura 9 - Levantamento dos elementos na sub-bacia da Prainha.



Fonte: Mapa gerado no ArcGIS pelos autores.

Como mencionado anteriormente, a recomendação para a situação encontrada é a adoção da coleta em tempo seco com a implantação de cinturões interceptores, sendo esta, inclusive, a solução de curto prazo adequada à realidade do município, recomenda no Plano Municipal de Saneamento Básico de Arraial do Cabo divulgado pela SERENCO (2014). Propõe-se, no plano, a implantação do cinturão sanitário no perímetro de todo o Parque Público, bem como em ambos os lados da Avenida Dorilo Vasconcelos, por onde passa o canal que conecta a lagoa com a praia, como ilustrado na Figura 10.

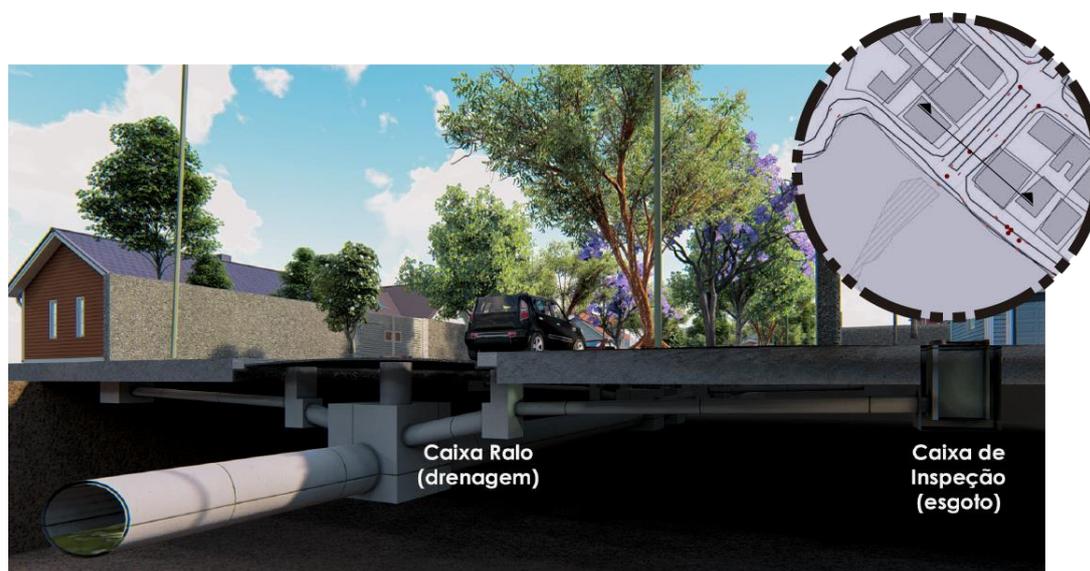
Figura 10 -Proposta de traçado para o cinturão interceptor.



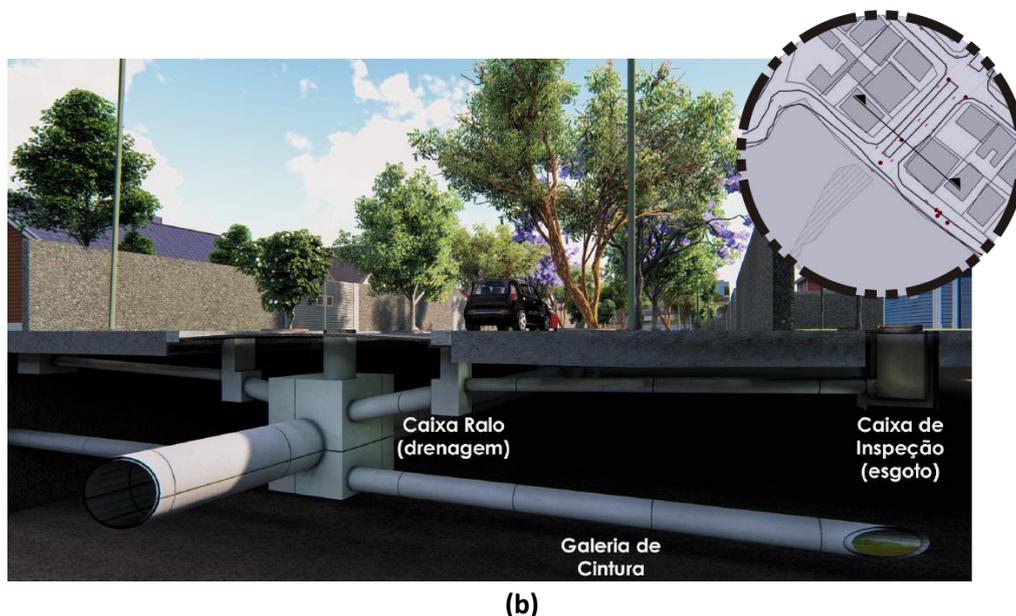
Fonte: Mapa gerado no ArcGIS e manipulado pelos autores.

A figura 11a representa a situação atual encontrada no local. Na situação proposta por este trabalho, o cinturão interceptará a rede de águas pluviais e captará o esgoto em tempo seco antes do seu lançamento *in natura* na lagoa, conforme esquema representado pela Figura 11b. Em períodos de chuva moderada, o sistema permanece funcional, direcionando todo o efluente captado para tratamento. Somente em eventos de chuva intensa, quando a vazão precipitada superar a capacidade da interceptação, haverá extravasamento de águas residuais do cinturão para a rede pluvial e, conseqüentemente, para o corpo hídrico. No entanto, neste caso, a diluição da carga poluidora na vazão precipitada já deverá ser suficiente para manter a proteção ao corpo hídrico. Assim, é possível despoluir e assegurar a blindagem do conjunto hídrico contra futuros lançamentos de esgoto. Além de garantir a qualidade da água da lagoa enquanto elemento natural do meio ambiente e impedir futuros extravasamentos de esgoto na Prainha, o projeto também devolve à lagoa sua qualidade enquanto elemento integrante da paisagem visual e sistema de espaços livres, se tornando potencial catalisadora para novos investimentos no Parque Público, para melhorar a qualidade de vida da população local como estudado por Durso (2019).

Figura 11 - Esquema representativo (a) Situação Atual; (b) Cinturão Interceptor.



(a)



(b)

Fonte: Modelagem e renderização feita pelos autores.

A Resolução CONAMA 430 (2011) estabelece uma redução mínima de 60% de DBO para o lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora diretamente no corpo receptor. Para que seja possível calcular esse índice de redução do lançamento e a avaliação qualitativa, faz-se necessário realizar o estudo prévio de vazão e contribuição em DBO atual na lagoa para que, em seguida, seja feito o estudo posterior à adoção da coleta em tempo seco. Com este propósito, este trabalho apresenta as estimativas feitas a partir da população total que habita a bacia e do volume precipitado em um ano hidrológico, considerando a carga per capita média local de esgoto e o volume gerado de águas pluviais.

Diante da ausência de dados oficiais de vazão específicos para a área de projeto, utilizaram-se dados populacionais fornecidos pelo IBGE (2010) por meio de grade estatística, para calcular o total de habitantes da bacia. Inicialmente foi feita uma compatibilização visual da quadricula, em seguida o cálculo baseado na porção da unidade quadricular compreendida na bacia. A aplicação dessa lógica resultou em um total de 2.253 habitantes em uma área de bacia de 675.946 m².

Em seguida, calculou-se a vazão total de esgoto produzido (Q_{esg}) na bacia por meio da Equação 1, onde (P) é a população total da bacia, (q) é a vazão de abastecimento de água *per capita* de 168,61l/ hab.dia fornecido pelo SNIS (2018) e 0,8 é o coeficiente de retorno recomendado pela ABNT (1986). A carga total em DBO que esta vazão representa é calculada por meio da Equação 2, considerando a carga *per capita* de 300 mg/l (BERNARDES; SOARES, 2004). A vazão de esgoto calculada, portanto, é de 3,52 l/s e a carga equivalente é de 1055,13 mg/s.

$$Q_{esg} = P \times q / 86400 \times 0,8 \quad \text{Equação (1)}$$

$$\text{Carga esg} = \text{Carga per capita} \times \text{Vazão de esgoto} \quad \text{Equação (2)}$$

Para os cálculos referentes à chuva precipitada são necessários dados pluviométricos da bacia estudada. Decidiu-se pelo uso dados obtidos através do INMET (2019) de chuva precipitada por dia durante um ano hidrológico, para que fosse calculado o total de carga poluidora acumulada neste período, e em seguida, o cálculo do total de carga poluidora neste mesmo ano, caso estivesse implantada a interceptação por coleta em tempo seco. Destaca-se que o uso do ano de 2019 permite avaliar quantitativamente o resultado deste ano, em particular, mas é capaz de ilustrar o comportamento geral, esperado em qualquer ano, ainda que não se possa fazer nenhuma estatística, Foi calculada a vazão de chuva (Q_{AP}) por dia, utilizando-se o Método Racional, como demonstra a Equação 3, onde (C) é o coeficiente de escoamento superficial (*runoff*) estimado a partir de imagens de satélite e de visitas de campo (ALVAREZ, *et al.*, 2019; DE MOURA FILHO, 2019), (i) a intensidade da chuva em mm/s, e (A) a área de drenagem da bacia em m². A partir das vazões é possível calcular a carga em DBO gerada em cada evento de chuva (Equação 4), adotando o valor de 20 mg/l para a carga de *per capita* de águas pluviais (BERNARDES; SOARES, 2004).

$$Q_{AP} = C \times i \times A \quad \text{Equação (3)}$$

$$\text{Carga AP} = Q \times 20 \quad \text{Equação (4)}$$

A partir dos resultados obtidos, torna-se possível caracterizar a situação atual e o cenário proposto por meio do cálculo da concentração da carga em DBO gerada por dia referente à mistura (Equação 5), e da carga total gerada em kg/dia (Equação 6).

$$\text{Carga}_L = (Q_{esg} \times \text{Carga}_{esg} + Q_{AP} \times \text{Carga}_{AP}) / (Q_{esg} + Q_{AP}) \quad \text{Equação (5)}$$

$$\text{Total_DIA} = (Q_{esg} + Q_{AP}) \times \text{Carga}_L \times 86400 / 1000 / 1000 \quad \text{Equação (6)}$$

Para efeitos de cálculo, foi considerada que a vazão da elevatória seria, por suposição, igual a quatro vezes a vazão média de esgoto.

Os cálculos realizados levam a uma carga total anual por dia de 42.030,3 kg na situação atual e de 10.212,8 kg no cenário de projeto do sistema de coleta em tempo seco. Esses resultados indicam, portanto, que, para a situação atual, mesmo nos dias sem precipitação de chuva, há o lançamento de carga poluidora no corpo hídrico, enquanto no cenário proposto com coleta em

tempo seco, a interceptação protegeu parcialmente, mas de forma significativa, o corpo hídrico, resultando em uma redução do lançamento da carga poluidora que vai ao mar em 76%.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho teve como principal objetivo avaliar a proposta de adoção do sistema de coleta em tempo seco no município de Arraial do Cabo, no Estado do Rio de Janeiro, de modo a garantir um serviço de esgotamento com melhor qualidade, em relação à situação atual, permitindo iniciar uma estratégia evolutiva no tempo para a universalização do saneamento, com resultados ambientais imediatos. Arraial do Cabo passa por um momento frágil onde o cenário é de grande vulnerabilidade em decorrência dos impactos ambientais resultantes de sistemas de saneamento deficientes. Foi apresentada, nesse contexto, uma proposta preliminar de traçado das redes de esgotamento sanitário e drenagem urbana, utilizando a lógica de coleta em tempo seco. A proposta apresenta uma alternativa para o melhor gerenciamento de redes mistas existentes, buscando a melhora progressiva da qualidade do ambiente urbano, como previsto em lei. A coleta em tempo seco desvia o efluente sanitário e protege o corpo hídrico receptor.

Com base nesse sistema proposto, foram avaliados a situação atual e o cenário com o projeto proposto. Dessa forma, o traçado proposto se deu de modo a reestruturar o sistema existente e demonstrou que a coleta em tempo seco reduz em 76% o impacto hoje causado pelo lançamento de carga poluidora diretamente no mar. Nesse contexto, a proposta desenvolvida reduz consideravelmente a carga de esgoto lançada nos receptores finais e é uma opção simples que pode ser extrapolada para outras áreas.

A proposta desenvolvida resulta numa intervenção que reduz consideravelmente a carga de esgoto afluente diretamente no meio ambiente. Este tipo de solução de tempo seco pode vir a ser adotado por outros locais que sofrem do mesmo problema que Arraial do Cabo, uma vez que este sistema pode reorganizar redes mistas hoje não funcionais. Deseja-se, com isso, incentivar mais estudos e, principalmente, poder abrir uma porta alternativa, como passo intermediário de uma estratégia de longo prazo, quando forem elaborados planos municipais de saneamento das cidades brasileiras

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) [Código de Financiamento 001; 88887.495814/2020-00], Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) [E-26/211.085/2015], Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) [303240/2017-2].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649: projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

ALVAREZ, M. F.; BATTEMARCO, B. P.; FRAGA, J. P.; SANTOS, L. H. S.; RUTIGLIANI, V. A.; SILVA, C. F.; CARVALHO, D. C.; MIGUEZ, M.G.; TARDIN-COELHO, R. H.; VEROL, A. P. . **Drenagem Urbana em Arraial do Cabo: A Modelagem Hidráulica como Ferramenta na Tomada de Decisões**. In: **XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2019, Foz de Iguaçu. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRHIDRO, 2019. v. 1.

BAHIA. Secretaria de Desenvolvimento Urbano. **Elaboração do Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário**, 2011.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 5 jan. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes**, 2011.

BERNARDES, R. S.; SOARES, S. R. A. **Esgotos combinados e controle da poluição: estratégia para planejamento do tratamento da mistura de esgotos sanitários e águas pluviais**. Brasília: CAIXA, 2004. 160 p. ISBN 85-86836-02-8.

DE MOURA FILHO, W. C. **Proposição de Medidas de Drenagem Urbana Sustentável para Controle de Cheias no Município de Arraial do Cabo**. In: 10ª Semana de Integração Acadêmica da UFRJ (SIAC-2019). Rio de Janeiro: UFRJ, 2019.

DORNELLES, F.; FADEL, W. A. **Eficiência da Interceptação de Esgoto Sanitário em Rede Pluvial na Bacia do Arroio Capivara – Porto Alegre/RS**. In: **REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS**, 20., 2015, Porto Alegre.

DURSO, PAULIANE ; TARDIN, RAQUEL ; MIGUEZ, MARCELO GOMES ; VERÓL, ALINE PIRES . **Sistema de espaços livres e águas pluviais: propostas para a redução de riscos associados às cheias em Arraial do Cabo, RJ**. **REVISTA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE CIDADES**, v. 7, p. 92-110, 2019.

FLORIANÓPOLIS. Companhia Catarinense de Águas (Casan). **URA BEIRA MAR SISTEMA COMPLEMENTAR DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**, 2017.

FUNDAÇÃO COPPETEC 2018 **Viabilidade técnica e econômica da implantação de estruturas de captação de esgotos sanitários em tempo seco na bacia de Barra da Tijuca e Jacarepaguá (Barra da Tijuca and Jacarepaguá Watershed – The DWSI Strategy Plan)**. Fundação COPPETEC, Rio de Janeiro, Brazil

MADEIRA, D. G. **Implantação de sistema de esgoto do tipo unitário com posterior adequação ao sistema separador absoluto em Flores da Cunha-RS**. 2012. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização)–Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MARTINE, GEORGE; MCGRANAHAN, GORDON. **A transição urbana brasileira: trajetória, dificuldades e lições aprendidas**. In: Baeninger, Rosana (Org.). **População e Cidades: subsídios para o planejamento e para as políticas sociais**. Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp; Brasília: UNFPA, 2010. p. 11-24.



NOVA FRIBURGO. **Plano Municipal de Saneamento Básico**, 2015.

PREFEITURA DE SÃO PEDRO DA ALDEIA. **AÇÕES EM PROL DA DESPOLIÇÃO DA LAGOA DE ARARUAMA SÃO DESTAQUES NO GOVERNO CLÁUDIO CHUMBINHO**. Disponível em: < <http://pmspa.rj.gov.br/acoes-em-prol-da-despoluicao-da-lagoa-de-araruama-sao-destaques-no-governo-claudio-chumbinho/> >. Acesso em: 14 maio 2020.

PETRÓPOLIS. **Plano Municipal de Saneamento Básico**, 2014.

QUANTA-LERNER, C. **Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PEDUI/RMRJ)**. Rio de Janeiro: Câmara Metropolitana de Integração Governamental (CMIG), 2017.

RADESCA, FERNANDA DIAS. **Uso de sistemas unitários de esgoto e drenagem como estratégia alternativa e escalonada no tempo para o saneamento ambiental/** Fernanda Dias Radesca. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2018.

RODRIGUES, I.O., SILVA, M.G., 2011. **Dinâmica populacional e rede coletora de esgoto**. In: IBGE (Ed.), Atlas de saneamento 2011. IBGE Brasília, 249-252 ISSN 0101-4234.

SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – Índices de atendimento**, 2018.

TARDIN, R.. **Collective Systemic Landscape Planning Strategies: Experience in Paraty, Rio De Janeiro, Brazil. ENVIRONMENTAL RESEARCH JOURNAL**, v. 11, p. 41-94, 2018.

TARDIN, R. (Coord.), Projeto: Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário[1], Rio de Janeiro: Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

TERESÓPOLIS. **Plano Municipal de Saneamento Básico**, 2018.

TOMAZ, P. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais: Piscinões, Galerias, Bueiros, Canais. Métodos SCS, Denver, Santa Bárbara, Racional, TR-55**. São Paulo: Editora Navegar, 2002.

TSUTIYA, M.T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

UN - United Nations. **Transforming our world : the 2030 agenda for sustainable development**. New York, 2015.

VEROL, A. P.; BATTEMARCO, B. P.; SANTOS, L. H. S. ; RUTIGLIANI, V. A. ; SILVA, C. F. ; CARVALHO, D. C. ; ALVAREZ, M. F. ; MIGUEZ, M. G. ; TARDIN-COELHO, R. H. . **Saneamento Básico e o Sistema de Espaços Livres: Estudo de Caso em Arraial do Cabo-RJ**. In: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019, Foz do Iguaçu. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Rio Grande do Sul: ABRHIDRO, 2019. v. 1.

VON SPERLING, MARCOS. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos/** Marcos von Sperling. – 4. ed - Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2011.