

A água no sistema de saneamento convencional: o processo histórico de consolidação de uma solução atualmente inadequada

Water in the conventional sanitation system: the historical process of consolidating a currently inadequate solution

Yago Quiñones Triana | Universidade de Brasília

yagoqt@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5348-602X>

RESUMO Este artigo concentra-se na análise crítica do sistema de saneamento convencional atual, examinando seu processo histórico de consolidação e o papel da água no processo. Examina-se especificamente como as funções atribuídas à água como agente higiênico e meios físicos de transporte dos rejeitos moldaram as características do sistema até a atualidade. Com base nas características do contexto sociotécnico em que esse sistema se estabeleceu, argumenta-se que ele se mostra inadequado no cenário contemporâneo. Essa inadequação torna o sistema insustentável, especialmente em termos de uso de recursos, sobretudo de água.

Palavras-chave: água – sistemas de saneamento – higiene – história da tecnologia – história da ciência.

ABSTRACT *This article focuses on a critical analysis of the current conventional sanitation system, examining its historical process of consolidation and how concomitant technical alternatives have been underestimated or discredited. Based on the characteristics of the socio-technical context in which this system was established, it is argued that it is inadequate in the contemporary scenario. This inadequacy makes the system unsustainable, especially in terms of the use of resources, especially water. However, this issue is not addressed in most historical studies on the subject, as they often adopt a linear view that considers the system to be the culmination of a series of technical advances since antiquity.*

Keywords: *water – sanitation systems – hygiene – history of technology – history of science.*

Introdução¹

A configuração convencional do sistema de saneamento atual se concretiza, no nível técnico, a partir de processos e artefatos e, em termos culturais, por meio de significados e valores. Do ponto de vista sanitário ele respondeu de forma eficiente a necessidades sociais e políticas e moldou importantes práticas cotidianas associadas a determinado momento histórico. Porém, o panorama social atual, a partir da interação do conhecimento técnico-científico com as prioridades culturais e políticas, tem mudado profundamente com relação ao momento em que o sistema se consolidou. Mais especificamente, nosso conhecimento sobre a origem das doenças associadas ao contato com as fezes é hoje muito mais preciso e ponderado (Latour, 1988). Atualmente, as formas de prevenção parecem simples, comprovadas e eficientes, além de fazer parte das práticas cotidianas de socialização.² Não existe mais o terror coletivo pelo desconhecimento das causas e a carência de ferramentas científicas para combater epidemias de tifo ou cólera e, quando essas doenças se espalham em alguma região específica, a interpretação comum é que isso poderia ter sido evitado e que a crise se explica por falências na administração pública e não por limitações do conhecimento científico.

Por outro lado, as preocupações ecológicas acerca dos sistemas de saneamento vêm se fazendo mais presentes (Waltner-Toews, 2013; Penner, 2014; Krantz, 2012; Dingle, 2008; Burton et al., 2021; Roccaro et al. 2014; De Gisi et al., 2014). Se no momento da consolidação do sistema de saneamento moderno o uso intensivo de água não se apresentava como um problema e se a poluição dos rios a jusante parecia uma consequência inevitável, hoje a situação parece ter mudado e alternativas que considerem a finitude dos recursos hídricos são muito bem-vindas. Estudos comparativos sobre o impacto da implementação do sistema convencional *versus* alternativas disponíveis testam tal interesse (Rodríguez, 2011). Finalmente, mas não menos importante, há hoje uma espécie de consenso entre os gestores públicos sobre a impossibilidade de garantir globalmente o acesso integral ao sistema convencional (Black e Fawcett, 2008; Devkota et al., 2020). Os altos custos de instalação e as implicações em termos de aumento de pressão nos recursos naturais têm conduzido a levar seriamente em consideração alternativas e a enxergar os pontos fracos do sistema convencional (Davison, 2001), chegando a propor inclusive que ele pode configurar um paradigma obsoleto que deveria ser substituído (Burton et al., 2021). Importante notar que, na definição do problema, não se considera aqui a aceção oficial dos sistemas de saneamento contemporâneos, pois essa inclui no mesmo conceito o acesso à água potável, os sistemas de esgoto, o recolhimento de resíduos e o escoamento de águas pluviais. Em outras palavras, reduz irremediavelmente a água à função de transportar as fezes e integra no mesmo processo a água da chuva e o lixo, substituindo assim a descrição de um tipo específico e histórico de solução técnica pela definição genérica do sistema atual de saneamento padrão.

1 Parte dos resultados do presente trabalho surge a partir de estágio pós-doutoral realizado em 2022 na Universidade de Padova, no núcleo de pesquisa PaSTIS (Padova Science, Technology and Innovation Studies), coordenado pelo prof. Federico Neresini, e que recebeu apoio financeiro do programa Mobilidade Confap Itália 2019 MCI por meio da Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF).

2 Assim como há um sistema convencional, há também um usuário convencional, isto é, socializado com os conhecimentos e hábitos mínimos sobre higiene. É esse tipo de usuário que se levará em consideração, ainda sabendo que uma parcela enorme da população global não tem acesso ao sistema convencional.

A forma em que temos sido socializados com relação aos hábitos higiênicos relacionados ao banheiro³ tem criado um vínculo específico, definido historicamente, com relação à água (Shove, 2003; De Decker, 2010; Latour, 1988; Black, 2008; Quitzau, 2007; Geels, 2005; Hoy, 1995). Mais especificamente, a consolidação do sistema de saneamento moderno, com o banheiro como espaço privilegiado de construção e transmissão de práticas e valores, tem concretizado dois fenômenos relevantes: uma concepção específica da água como recurso, ligada à ideia de higiene, e uma concepção específica dos dejetos, especificamente das fezes humanas. Os dois fenômenos fazem parte do mesmo percurso de construção social, no qual o diálogo entre o desenvolvimento tecnológico, os interesses econômicos e os condicionamentos culturais geraram um processo não linear que acabou determinando a predominância de uma solução técnica que se apresenta hoje como ótima ou, pelo menos, a melhor das possíveis (Black e Fawcett, 2008).

No primeiro caso, a água passa a ser identificada como o meio mais eficaz para “levar embora” nossas fezes, não apenas fisicamente, pelas suas propriedades físicas, mas também sensorialmente, já que é considerada limpa e clara. A água também é a encarregada de higienizar, de eliminar o inimigo invisível e terrível dos germes, definitivamente identificados no final do século XIX (Zeldovich, 2021; Hoy, 1995; Gastelaars, 1996). O banheiro mistura e confunde essas duas funções da água, como agente de higienização e como meio de transporte e descarte das fezes, ao combiná-las no mesmo espaço e no mesmo conceito: o banheiro atual. No segundo caso, o sistema de saneamento moderno, a partir do conhecimento científico desenvolvido sobre as doenças e sua relação com agentes microbiológicos, levou a reduzir as fezes exclusivamente a uma substância perigosa do ponto de vista biológico, passíveis somente de serem afastadas e neutralizadas (Tarr, 1996; Roccaro et al., 2014; Waltner-Toews, 2013). Interpretação que substitui a que prevaleceu durante séculos e que considerava esses supostos “resíduos” como substâncias preciosas, como nutrientes, quando utilizados como fertilizantes (Kira, 1976).

Temos assim que o arranjo técnico-social que denominamos sistema convencional de saneamento, essa configuração relativamente estável de soluções técnicas e hábitos culturais (Quitzau, 2004), foi extremamente adequada no contexto do final do século XIX e começo do XX, quando a escassez de água não era um problema e o terror pelas epidemias associadas a condições higiênicas precárias era globalmente vigente. Ele coincidiu com uma fase de progressos da indústria química que conseguiu produzir fertilizantes artificiais baratos, o que fez dispendioso o uso de fezes, as quais deixaram, portanto, de ter valor econômico relevante e ficaram reduzidas a perigo epidemiológico a ser descartado (Penner, 2014; Hoy, 1995; Black, 2008). Porém, hoje a correlação de forças tem claramente mudado. A solução que era amplamente eficiente para ser aplicada nas grandes cidades modernas europeias, se apresenta agora como extremamente custosa para ser implementada onde ainda não há sistemas de saneamento. Ela é também considerada como inaceitavelmente intensiva em termos de uso de recursos, pois baseia-se na utilização de grandes volumes de água limpa para diluir e transportar pequenos volumes de dejetos humanos (Lamichhane e Babcock, 2013), além de apresentar problemas técnicos crescentes por limitações de escala e manutenção (Krantz, 2012, Penner, 2014).

Em geral, os fertilizantes químicos, especialmente nas grandes plantações industrializadas, substituíram o adubo natural, que era comum antes da consolidação do sistema convencional

3 Se usará o termo comum “banheiro” para indicar o espaço arquitetônico moderno dedicado exclusivamente a atividades relacionadas com a higiene pessoal. “Banho” será usado para indicar os banhos públicos, especialmente no período antigo, onde também frequentemente se encontravam latrinas.

e que se mantém hoje reduzido a alguns contextos específicos e é considerado pelo discurso prevalecente como opção ineficiente e atrasada, especialmente se se trata de fezes humanas. Os fertilizantes artificiais representaram assim a solução barata e prática que teria salvado a humanidade da Bomba P,⁴ ao potenciar a produtividade dos solos, mas dependem de matérias-primas que não se encontram distribuídas de forma homogênea na Terra. Além disso, se trata, em muitos casos, de recursos não renováveis ou finitos, condenados, portanto, a se tornar escassos em algum momento. Para completar o quadro, eles incentivam uma circulação global de substâncias que gera grande poluição, já que o transporte se faz, em geral, por meio de navios, uma das formas de transporte mais poluentes e carentes de fiscalização (Freightened, 2016). Circulação que implica deslocar nutrientes de um lado a outro do planeta, gerando sérios desequilíbrios, sendo que, na prática, esses nutrientes estão já disponíveis onde quer que haja seres metabolizando substâncias e produzindo fezes (Zeldovich, 2021). Nutrientes que estamos “jogando fora”, no sistema convencional, ou fazendo com que sua recuperação seja difícil e custosa. Isso torna discutível que os fertilizantes artificiais sejam a única ou a melhor opção e abre a possibilidade para redescobrir o papel das fezes como nutrientes naturais e disponíveis.

Vemos então que uma solução amplamente adequada em determinado momento histórico, a segunda metade do século XIX e, em um determinado contexto científico e social, as grandes cidades modernas do mundo industrializado, continua a ser considerada como o sistema prevalecente, ainda havendo mudanças profundas na configuração de forças, interesses, hábitos e conhecimentos técnicos e científicos que o justificaram e produziram. Trata-se de um processo longo e complexo. A seguir tentaremos mostrar como o contexto cultural, científico e político da época em que o sistema se consolida constrói uma ideia de higiene pública na qual a água recebe uma série de valores e significados que se mantêm até hoje. Atualmente os desafios são enormes, mas a eventual análise das possibilidades para sair da crise do sistema convencional não poderá ser aqui abordada; no presente trabalho decidimos reduzir o foco às características da consolidação do sistema e não às formas de superá-lo ou modificá-lo, embora as conclusões possam talvez dar algumas luzes sobre o assunto.

Caracterização do atual sistema convencional

O atual sistema convencional de saneamento é produto de um arranjo sociotécnico consolidado na passagem do século XIX ao XX e corresponde, em termos concretos, ao complexo constituído pelo vaso sanitário (tipo *flush toilet* ou de descarga) conectado a uma rede de água encanada domiciliar, o relativo sistema de esgoto hidráulico e, eventualmente, plantas de tratamento de águas residuais. Os componentes do sistema atual não se concretizaram dentro do mesmo processo técnico-social, eles são o resultado de desenvolvimentos eventualmente concomitantes, mas paralelos, não acumulativos e iniciados em diferentes momentos históricos, incluindo períodos muito anteriores à fase de implementação definitiva do sistema. Ao falar em arranjo ou sistema sociotécnico estamos aplicando um enfoque sustentado em uma abordagem de análise das tecnologias amplamente reconhecida. Trata-se de uma corrente de pensamento rica e variada, com contribuições diferenciadas e que não é simples de sintetizar brevemente, mas

4 Bomba P é parte do título da obra de Paul Ehrlich escrita em 1968 e que pregava a fome no mundo por causa da superpopulação humana. Previsão que foi desmentida pela chamada revolução verde, isto é, a tecnificação da agricultura e o aumento da produtividade do solo por meio de fertilizantes químicos.

talvez seja suficiente dizer que ela se recusa a atribuir relações monocausais entre a dimensão social e tecnológica dos fenômenos estudados e que procura uma alternativa ao dualismo entre determinismo tecnológico ou determinismo social. Assim, enxerga a tecnologia como sendo moldada socialmente por grupos sociais com determinados interesses e dentro de um contexto social e histórico específico, isto é, o ambiente social influencia o projeto das soluções técnicas, mas também a tecnologia existente influencia o ambiente social (Dias e Novaes, 2010). Sendo assim, as soluções tecnológicas não seriam simplesmente determinadas por critérios científicos e técnicos. Pelo contrário, o que temos é uma variedade de soluções possíveis para um determinado problema técnico e uma alternativa técnica que prevalece, definida pela complexa dinâmica social do momento, sendo que a própria formulação do problema muitas vezes se altera ao longo do processo (Dias e Novaes, 2010).⁵

Chamamos o sistema de saneamento padrão atual de “convencional” porque é o sistema mais aceito e que coincide com o modelo ideal ao qual as populações deveriam ter acesso, segundo o discurso oficial das grandes entidades globais encarregadas de temas de saneamento (WHO, Unicef, 2000). Dentro dessa perspectiva, presente também em muitos materiais jornalísticos e históricos, ele seria o ponto de chegada de uma série de aprimoramentos técnicos e do conhecimento científico disponível, o que garante, em teoria, que seja a mais conveniente das opções em campo. Porém, numericamente o sistema não é dominante, ao contrário, cerca de dois bilhões de pessoas têm um saneamento inadequado (Paterson et al., 2007) e a quantidade delas sem acesso a qualquer sistema⁶ é preocupante, dados os riscos sanitários presentes.⁷ Isso leva a que mais de dois milhões de pessoas, a maioria crianças, morram a cada ano de doenças associadas à falta de acesso à água potável,⁸ saneamento inadequado ou falta de higiene (WHO, Unicef, 2000). Mesmo assim, podemos falar de um sistema convencional, já que há uma espécie de consenso sociotécnico sobre sua adequação ótima na gestão dos resíduos orgânicos produto do metabolismo humano. Trata-se de um sistema eficiente e funcional que resolveu de forma satisfatória o problema específico que pretendia atacar no momento: as grandes cidades europeias não sofreram mais epidemias causadas pelo contato com fezes e as águas residuais foram transportadas para fora do perímetro urbano, com os usuários tendo que realizar um esforço mínimo no processo todo. O sistema resolveu então um problema puramente moderno e localizado. Um problema que surge quando o conhecimento científico consegue reconhecer as causas e a forma de combater as epidemias e quando as condições de habitação das grandes cidades industriais são identificadas como catalizador dessas causas e o Estado assume a tarefa de combater tal ameaça do ponto de vista da saúde pública (Melosi, 2000; Tarr, 1996; Tynan, 2013; Quitzeu, 2007; Penner, 2014; Waltner-Toews, 2013).

Tal sistema, porém, está longe de escapar das críticas, mesmo no momento em que estava se consolidando. Críticas que hoje parecem ressurgir com nova força, dada a mudança no

5 Não é possível, no âmbito deste trabalho, aprofundar mais a abordagem teórica; para um panorama sucinto existem textos bem-sucedidos neste empenho de síntese (Dias e Novaes, 2010) ou então é recomendável ir às fontes originais onde temos, entre outros, a proposta de ator-rede (Callon, 1987; Latour, 1992), o construtivismo social da tecnologia (Pinch e Bijker, 1990) e a metáfora do tecido sem costuras (Hughes, 1986).

6 Alguns autores apontam que 40% das pessoas nos países em desenvolvimento não têm acesso a sistemas de saneamento (Black e Fawcett, 2008).

7 Segundo dados de 2011 (*The millennium development goals report*) mais de um bilhão de pessoas defecam a céu aberto no mundo (Uddin et al., 2014).

8 Outros dados, de 2015, apontam que aproximadamente 6 mil crianças morrem todos os dias de doenças diarreicas relacionadas a saneamento e higiene inadequados (Ganiron, 2015).

contexto histórico, especialmente a partir de uma consciência ecológica que dá prioridade a outros valores e significados acerca da água e dos recursos, especificamente aqueles que atuam como nutrientes nos processos vitais (De Gisi et al., 2014; De Decker, 2010; Waltner-Toews, 2013). Nessa perspectiva crítica, o sistema de saneamento convencional não só é visto como um consumidor intensivo de água potável,⁹ além de poluidor (evitável) dos cursos de água,¹⁰ mas também como um sistema ineficiente nas tentativas de reabilitar as águas residuais, uma vez que utiliza processos custosos, com base em produtos químicos, que não conseguem restabelecer totalmente as condições em que o recurso hídrico se encontrava antes de entrar no sistema (Roccaro et al., 2014). Em qualquer caso, se trata de soluções que se enquadram como técnicas *end-of-pipe*, isto é, que atuam no último estágio do processo, tentando reverter a poluição que aconteceu em fases iniciais (De Gisi et al., 2014), revelando a ineficácia em encontrar formas de evitá-la. Pior ainda, os efluentes de plantas de tratamento representam hoje uma comprovada e considerável fonte de entrada de estrogênios no ambiente aquático, isto é, uma presença descontrolada de hormônios na água, o que constitui uma grave forma de poluição que já afeta os seres que entram em contato com esse meio (Körner et al., 2001). Nesse ponto funciona, de forma exemplar, a lógica "*out of sight, out of mind*" (McDonough e Braungart, 2002) que permeia tantos outros dos nossos comportamentos e hábitos relacionados com o consumo, especificamente com a produção e descarte de rejeitos. Isto é, se o problema está fora da minha visão, ele não é mais uma preocupação minha, não é mais meu problema. O método de retirada das fezes no sistema convencional, com o *flush toilet* plugado a uma rede de esgoto, responde perfeitamente a tal lógica, levando o eventual problema longe do olhar e da cabeça, isto é, da preocupação do usuário. Aliás, o sistema convencional é considerado tanto mais bem-sucedido quanto mais invisível, quanto menos as pessoas precisarem se confrontar com seus próprios dejetos (Penner, 2014).

A história convencional do sistema convencional

As resenhas de cunho histórico disponíveis quase sempre reforçam a ideia de uma continuidade com os sistemas antigos, o que acaba consolidando a ideia de que o sistema convencional seria o mais avançado e adequado para resolver os problemas de saneamento, isto é, ele seria fruto de uma série virtuosa de aprimoramentos somente truncados pelo período obscuro da Idade Média europeia. Em alguns casos, ao fazer a resenha dos protótipos ou inclusive das soluções técnicas alternativas que "competiram" com o sistema convencional, elas são apresentadas como tentativas ingênuas, desvios técnicos que o conhecimento atual descartaria facilmente (Horn, 1996). Chama a atenção como grande parte dos estudos históricos sobre sistemas de saneamento, ou sobre algum dos seus componentes, costumam tomar como ponto de partida idealizado os banhos do mundo antigo no Ocidente, sejam as latrinas que contemplavam algum uso de água, sejam os banhos públicos (Roccaro et al., 2014; Lofrano e Brown, 2010).

9 Existem várias fontes que disponibilizam cálculos sobre o uso de água associada ao sistema convencional: 9 mil galões de água limpa por ano são usados, em média por vaso sanitário, para despejar aproximadamente 130 galões de excrementos (Davison, 2001). Outras fontes propõem que, ao longo do ano, por cada pessoa, são descarregados (*flushed away*) cerca de 400-500 litros de urina e 50 litros de fezes, com um consumo de 15 mil litros de água pura (Ganiron, 2015).

10 Mais de 90% do esgoto não tratado é lançado ao meio ambiente, poluindo corpos de água superficiais como rios, lagos e áreas costeiras (Langergraber e Muellegger, 2005).

Misturando na análise, dessa forma, banhos, banheiros e esgoto, e incluindo necessariamente a água como um elemento essencial, fundante e indiscutido do sistema (Wright, 1960; Cosgrove, 1909). Fato que se explica a partir de uma orientação particular, produto do olhar moderno, o qual considera espontaneamente tais artefatos como fazendo parte do mesmo sistema, especialmente no plano conceitual.

Os banhos públicos do mundo antigo no Ocidente são um fenômeno cultural pontual que aparece também em outros contextos geográficos e históricos, como no mundo muçulmano e em algumas sociedades asiáticas, mas que na literatura é comumente identificado como o ponto inicial da história da evolução dos sistemas de saneamento em geral (Wright, 1960), a partir de uma continuidade técnica e cultural forçada, inclusive porque tais instalações públicas foram esquecidas durante a Idade Média na Europa (Davison, 2001). Os antigos romanos não tomavam banho pelo mesmo motivo higiênico que as pessoas do final do século XIX no Ocidente. No primeiro caso era um fato social, coletivo, associado com o vigor e o fortalecimento do corpo (Cardini, 1909), não se tratava do ato íntimo das cidades modernas em que o Estado esperava que as massas combatessem os germes e evitassem o surgimento de epidemias (Latour, 1988; Geels, 2005; Penner, 2014). Aliás, as condições higiênicas do mundo antigo ocidental distavam muito do que os higienistas modernos pretendiam com a implementação dos sistemas de saneamento. Na Roma clássica, as latrinas domésticas se encontravam, frequentemente e por comodidade, perto da cozinha (Jansen, 2000). Muito provavelmente, elas não contavam com água corrente, inclusive, a água canalizada para a descarga dos sanitários privados parece ter sido uma raridade (Feo et al., 2010; Vuorinen, 2010) e nem todas estavam conectadas ao esgoto, por isso existiam os "*stercorarii*", pessoas encarregadas de recolher os resíduos nas casas para serem levados fora da cidade e vendidos como adubo (Panciera, 2000).

As latrinas achadas em sítios arqueológicos são vistas, na maior parte da literatura, como precursoras do artefato atual, primeiro estágio de um pretendido desenvolvimento que teria levado ao *flush toilet* moderno. Na verdade, elas eram uma solução prática pensada e usada dentro do contexto social do pensamento técnico e científico do período antigo da história europeia. Simplesmente, na antiga Roma, devido às complexas tecnologias de aquedutos disponíveis, era possível fornecer um fluxo de água corrente nas latrinas públicas (Feo et al., 2010). Desta forma, a água que era conduzida aos banhos também podia ser utilizada para drenar o conteúdo das latrinas. Porém, os banheiros ou latrinas públicas eram um reconhecido foco de doenças pelos hábitos que ali se praticavam (Feo et al., 2010) e, para os científicos modernos conhecedores da teoria dos germes, seriam um horror em termos sanitários. Esses espaços estavam longe de ser lugares glamorosos; eram pequenos e com janelas minúsculas que deixavam entrar pouca luz. O chão e os assentos sujavam facilmente e o ar fedia. Além disso, a lavagem das mãos dificilmente era obrigatória (Zeldovich, 2021). Mãos contaminadas de usuários de banheiros públicos e privados espalhavam patógenos intestinais de uma pessoa para outra, criando assim boas oportunidades para epidemias de doenças intestinais (Vuorinen, 2010). As classes altas romanas às vezes pagavam para a construção das latrinas públicas (*foricae*), mas raramente as frequentavam. Inclusive, tinham receio em conectar suas fossas domiciliares aos canos do esgoto público, já que isso poderia atrair pragas e maus odores para dentro de suas casas (Zeldovich, 2021).

Os sistemas de esgoto antigos, especialmente a reconhecida cloaca máxima romana, que muitas vezes é indicada como precursora dos grandes esgotos modernos, especialmente do célebre sistema londrino (Melosi, 2000), que, por sua vez, se toma como modelo para a solução

dos problemas sanitários das cidades contemporâneas, não passa de um expediente técnico baseado na lógica simples de aproveitar as características físicas da água. No caso romano, tratava-se de uma forma de gerir os fluxos hídricos da cidade, canalizando os cursos de água naturais e provocando o escoamento controlado para o rio Tibre, drenando a água dos pântanos circundantes para evitar inundações (Feo et al., 2010; Cardini, 1909). Aproveitando a praticidade do sistema se jogavam ali os rejeitos sanitários quando eles eram considerados resíduos, pois devemos lembrar que naquela época a urina era utilizada em vários processos pelos seus princípios químicos (Kira, 1976), coletada por tintureiros, por exemplo, que a usavam para branquear a lã antes de tingi-la (Jansen, 2000). Por sua vez, as fezes se mantinham como uma fonte de nutrientes para os campos cultivados (Cardini, 1909), embora seu uso fosse dificultado quando as dimensões da cidade viraram um obstáculo (Zeldovich, 2021). O famoso esgoto da Roma Antiga não possuía um esquema de recolhimento dos dejetos nas habitações, ele só facilitava o escoamento daquilo que era despejado no seu curso. Além disso, é difícil falar de um sistema de saneamento padrão para o Império, já que há claros indícios arqueológicos que mostram como as soluções técnicas adotadas dependiam das condições do terreno, da quantidade de água disponível e do tamanho das cidades (Jansen, 2000).

Em resumo, esse sistema resolveu parcialmente os problemas de remoção do esgoto e escoamento de água da cidade, mas não os problemas de saúde, pois poluía o rio, fonte da água de irrigação, banho e consumo para outros cidadãos (Zeldovich, 2021).

A “evolução” do vaso convencional

Durante a Idade Média europeia, o que temos é uma série de soluções precárias que não se enquadram como desdobramentos dos dispositivos do mundo antigo e nem como inovações técnicas. Devemos esperar até o século XVI para encontrar uma mudança no desenho do artefato encarregado de receber as deposições humanas. É sir John Harington quem desenha uma espécie banco para a rainha Elizabeth I (Wright, 1960), que tinha dificuldades físicas para assumir a posição natural do corpo humano no momento de defecar, isto é, de cócoras, como fazem as crianças. Começa assim a se consolidar o hábito comum no Ocidente de fazê-lo sentado, o que traz comprovados problemas físicos (De Decker, 2010), já que, na verdade, essa posição não facilita o ato por causa da pressão exercida nos músculos abdominais (Davison, 2001). Esses vasos constituíam um objeto de luxo, muitas vezes belamente decorados, pois eram usados pela realeza de forma pomposa e suntuária. Há vários registros sobre o hábito do rei da França de receber convidados comodamente sentado usando o seu *toilet* real (Wright, 1960). Evidentemente, a única relação com o vaso atual é a posição corporal assumida. No modelo da rainha inglesa, era usada areia para cobrir as fezes. Assim, o desenho desse vaso de 1600 teria inclusive mais relação com sistemas secos, hoje minoritários. Porém, tecnicamente falando, tratava-se, simplesmente, de um penico mais complexo e aparatoso. Ele nunca foi implementado como uma solução abrangente para além da nobreza. Mesmo assim, não resolvia nenhum problema em termos de saúde coletiva ou urbanismo, pois as fezes, quando não coletadas para ser usadas como fertilizantes, continuavam voando pelas janelas ou poluindo os cursos de água.

É necessário que se passem alguns séculos para que a ideia básica do vaso sanitário (um artefato capaz de recolher nossas deposições) seja retomada. Desta vez, não é mais o objeto extravagante do século XVI, sem nenhuma inovação técnica decisiva. Trata-se de outro momento

histórico, dois séculos depois, no qual o crescimento das cidades, a urbanização geral da vida e suas práticas cotidianas exigem outras soluções. Estamos lidando agora com um problema de saúde pública, embora o conceito seja ainda embrionário. Vários desenhos aparecem, acompanhados de seu registro por meio de patentes, propondo soluções divergentes na sua concepção técnica básica (Wright, 1960; Horn, 1996). Se o objetivo de todos os modelos é a retirada *in loco* das fezes produzidas nas habitações, a forma de retirá-las diverge, com consequências que marcam o nosso sistema convencional atual. Alguns modelos, relativamente difundidos até o “trunfo” do *flush toilet* (Davison, 2001), propunham o uso de areia para cobrir os dejetos, evitando os maus odores e, especialmente, permitindo a coleta das substâncias para serem usadas como fertilizantes (Horn, 1996; Black, 2008). Ainda em 1898, eram apresentados desenhos aperfeiçoados desse modelo seco (Wright, 1960). Também aparece um sistema extremamente eficiente, que usava a força do vácuo para retirar eficazmente as fezes e seus odores. Esse sistema foi tão bem-sucedido que se implementou em várias cidades e estava em uso, até pouco tempo atrás, na Europa^{11,12} (Roccaro et al., 2014). Em outras palavras e, à diferença do que pode parecer hoje, a implementação do *flush toilet* não sentenciou imediatamente o fim da experimentação técnica com outros sistemas.

Por outro lado, lembremos que a aceitação popular da teoria dos germes demorou em se consolidar e ainda se acreditava que o cheiro era um sinal de perigo biológico, portanto um sistema capaz de afastar rapidamente a ameaça foi muito bem recebido (Penner, 2014). Era esse o caso dos primeiros vasos sanitários que usavam água, os primeiros *flush toilets* que, na teoria, acumulavam a praticidade do fluxo de água com a presença de um agente limpador indispensável na luta contra as doenças.

No começo, a solução hoje considerada ótima, não resolveu os problemas e inclusive os piorou, levando ao colapso do sistema pela implementação de tecnologias singulares, na medida em que elas atingiam uma eficiência relativamente aceitável, mas sem a concepção de um sistema orgânico. Em outras palavras, não estamos falando ainda de um sistema de saneamento integral, mas de tecnologias aplicadas para resolver problemas relativos e pontuais que acabam interagindo sem seguir um plano maior. Com a promulgação do National Public Health Act, de 1848, as autoridades inglesas pretendiam exigir algum tipo de arranjo higiênico em cada casa, seja uma latrina, um vaso sanitário ou outro tipo de recurso técnico (Davison, 2001). Essa situação obrigou, na prática, as pessoas a adotarem alguma solução de coleta das fezes em casa, sem contar ainda com um sistema de gestão público consolidado. Em geral, nas cidades, primeiro se implementaram os aquedutos e depois os sistemas de esgoto, pois foi necessário aguardar a disponibilidade técnica de água encanada (Tarr, 1996). Assim, quando se instalaram os primeiros *flush toilets*, as cidades não contavam ainda com sistemas de esgoto modernos. Desta forma, os novos vasos foram plugados na infraestrutura existente no momento, que era basicamente de fossas sépticas, muitas vezes privadas e totalmente inadequadas para receber a quantidade de água poluída que implicava essa inovação (Tarr, 1996; Tynan, 2013; Gastelaars, 1996; Penner, 2014). Isto trouxe novos problemas, talvez piores do que os que a nova tecnologia

11 Na cidade de Trouville, na França, um sistema a vácuo ainda funcionou até 1980 (Roccaro et al., 2014).

12 Na Holanda, no final da década de 1860, Charles Liernur desenvolveu um sistema pneumático difundido amplamente em Amsterdã e em bairros de Praga e São Petersburgo; porém, nenhuma outra cidade foi persuadida a adotar o sistema e se decidiu pela remoção hidráulica dos resíduos (Bruce, 1968).

pretendia resolver (Melosi, 2000; Zeldovich, 2021), aumentando a poluição dos rios (Tynan, 2013) e levando provavelmente à grande crise do verão de 1858 (Black, 2008).^{13,14}

O funcionamento correto desses artefatos dependia então da ligação das unidades familiares a um sistema de água encanada, que era coletivo; portanto, os usuários acreditavam, justamente, que tal conexão levaria a expor o seu lar aos perigos dos eflúvios dos vizinhos (Wright, 1960). Crença não totalmente infundada, já que realmente acontecia que o fedor circulava pelos canos entre as unidades familiares (Horn, 1996; Zeldovich, 2021). Foi só com o desenvolvimento do cano em U ou em S que se criou um mecanismo, uma “armadilha”, para evitar a volta dos cheiros usando a própria água (Wright, 1960). Vistos no começo como um símbolo de *status*, os vasos conectados ao esgoto foram retirados de muitas casas e voltou-se ao sistema isolado. As pessoas reconheciam mais o benefício de ter água disponível em casa, do que o benefício da retirada dos rejeitos por meio do esgoto, especialmente quando existiam outras alternativas disponíveis, como as fossas sépticas (Melosi, 2000). Sendo assim, os primeiros vasos sanitários com descarga de água não foram um sucesso indiscutido, entre outras coisas, por desafiar ideias ainda predominantes na época, como crenças sobre o perigo de gases miasmáticos (Quitau, 2007; Penner, 2014), a famosa teoria dos miasmas que custou a ser rebatida definitivamente (Hoy, 1995). O que demonstra a ansiedade persistente com relação à água e sua condição ambivalente de fonte de perigo sanitário e, ao mesmo tempo, ingrediente necessário para a prevenção das doenças (Shove, 2003).

Foi somente depois que um mecanismo de água encanada foi desenvolvido para dar vazamento às águas residuais produzidas pelo vaso sanitário que, por sua vez, estava conectado com um sistema maior de esgoto, que podemos falar de um princípio de sistema de saneamento que resolve o problema moderno do descarte das fezes. Pode-se inclusive pensar que o sistema de esgoto, na sua versão contemporânea, veio para resolver um problema “novo”, especificamente moderno, aquele da abundância de águas residuais, produzidas pelos vasos sanitários que funcionavam usando água encanada, e que deviam ser escoadas longe dos lares (Roccaro et al., 2014). Ao mesmo tempo, o esgoto veio a substituir as fossas sépticas associadas a lares individuais, nos quais os dejetos permaneciam relativamente próximos às famílias que os produziam. Sendo assim, muitos defensores de tal mudança baseavam seus argumentos a partir do crédito na teoria dos miasmas (Tynan, 2013) ou, pelo menos, no desconhecimento da forma específica pelas quais as doenças associadas às fezes eram transmitidas (Horn, 1996). Nesse contexto, o afastamento coletivo das fezes e seus odores perigosos, usando sistemas de esgoto, se apresentava como a melhor solução. Temos então um avanço tecnológico justificado, em parte, por ideias que, naquele momento, já eram contestadas sem sucesso definitivo a partir de novas teorias científicas (Melosi, 2000; Latour, 1988).

Dessa forma conturbada o vaso sanitário entra definitivamente em ação e se estabiliza a forma social e comum de lidar com os dejetos (Quitau, 2004). O desenvolvimento das

13 Nos Estados Unidos a situação não era diferente, a introdução de fontes de água corrente nas cidades levou a um aumento do consumo, mas não foi previsto um sistema adequado para a remoção desse líquido, o que trouxe vários problemas, pois a capacidade dos poços era a mesma e a introdução de *water closets* aumentou o volume de líquido despejado no sistema (Tarr, 1996).

14 Uma das causas da crise sanitária de 1858 no rio Tamisa foi “a invenção que mais salvou vidas de todos os tempos”: o vaso sanitário. Parece um paradoxo que uma inovação tão bem-sucedida tenha transformado o rio numa ameaça sanitária. Mas a explicação é que o banheiro não resolveu o problema do esgoto, apenas o deslocou para longe das residências das pessoas, mas não longe o suficiente (Zeldovich, 2021).

ferramentas e processos técnicos que fazem da água uma figura central na vida doméstica possibilitam também a transformação do seu significado. Justificam sua evolução para elemento fundamental no discurso da higiene e da saúde pública, incorporando-a definitivamente como componente essencial de qualquer sistema de saneamento considerado moderno. Porém, o vaso de descarga atual não deve ser interpretado como resultado do aperfeiçoamento tecnológico do protótipo inicial do modelo com água e da implantação congruente do sistema de abastecimento de água e de esgoto. Em vez disso, esse sistema deve ser visto como resultado de processos, em vários níveis e dimensões, que se ligaram e se reforçaram mutuamente (Quitau, 2007). O *flush toilet* não deve ser considerado como um objeto conveniente, mas como um organizador ativo de uma rede de significados sociais (Gastelaars, 1996), os quais surgem após a consolidação de um determinado clima político, cultural e científico. Adicionalmente, o vaso sanitário atual não pode ser identificado como a forma moderna de solucionar o problema enfrentado pelas latrinas antigas. Pelo contrário, ele resolve problemas surgidos a partir de condicionamentos modernos, associados ao desenvolvimento do conhecimento científico e da pressão cultural para seguir comportamentos considerados “civilizados”.

A “evolução” do esgoto convencional

Na Londres da metade do século XIX, quando se começa a construir o paradigmático primeiro grande esgoto moderno, uma das prioridades era afastar as fezes rapidamente das pessoas, já que, como vimos, ainda persistia parcialmente a teoria dos miasmas. Basicamente, a grande solução moderna confiou em sistemas desenhados a partir de um paradigma de crenças anterior à era bacteriológica (Melosi, 2000). No mesmo período da implementação do esgoto moderno, os fertilizantes químicos também levariam à drástica redução da prática de usar fezes humanas como fertilizante (Zeldovich, 2021). Sendo assim, a concepção moderna de que os excrementos humanos são resíduos sem propósito útil e que devem ser prontamente descartados, resultou em parte nos sistemas sanitários que temos hoje (De Gisi et al., 2014), o que faz com que o paralelo entre o esgoto romano antigo e o londrino moderno se reduza à praticidade de canalizar um curso de água.

Antes da implementação dos sistemas de esgoto modernos não havia uma solução técnica formalizada que, de forma coletiva, fizesse o descarte das fezes. O que tínhamos eram estratégias singulares que surgiam de hábitos consolidados e com uma eficiência relativamente aceitável dependendo do contexto (De Decker, 2010). Eram métodos de deposição que iam desde simplesmente despejar os resíduos na via pública, esperando que a natureza fizesse sua parte, até esquemas de recolhimento das fezes em cada lar. Se tratava mais da somatória de iniciativas individuais do que de uma iniciativa de solução a partir de um projeto urbanístico ou de políticas públicas. Essas formas de coleta eram incentivadas, aliás, pelo benefício de buscar a posterior comercialização das fezes como fertilizante e era conhecido como *night soil*, já que a recoleção era feita durante a noite para tentar reduzir o desconforto da população (De Decker, 2010), pois a operação era desenvolvida com ferramentas precárias, os recipientes não eram herméticos e tudo era realizado manualmente, casa por casa. Assim, os imprevistos e acidentes eram frequentes, com resultados desastrosos e documentados na cultura popular da época (De Decker, 2010). Na China e no Japão também era frequente, na fase pré-moderna do desenvolvimento dos sistemas de saneamento, encontrar sistemas de recolhimento das fezes humanas

nos lares dos centros urbanos. As fezes eram, inclusive, consideradas um recurso extremamente valioso, especialmente em contextos geográficos com solos pouco ricos e sem a presença importante de grandes animais de fazenda capazes de fornecer as quantidades necessárias de fertilizante, como era o caso precisamente do Japão (Zeldovich, 2021). Nesse tipo de esquema, as fezes eram coletadas e transportadas aos campos vizinhos às cidades “produtoras” desses nutrientes naturais e usadas na fertilização dos cultivos que, depois, iriam fornecer alimento à mesma cidade. Dessa forma se fechava o ciclo metabólico (Zeldovich, 2021), dentro de uma lógica que, com certeza, seria considerada hoje como sustentável.

Ainda que os sistemas anteriores à solução convencional fossem precários em vários pontos, especialmente em termos de higiene e praticidade, eles resolveram o problema do descarte dos rejeitos sanitários até o momento em que o sistema (ou a ausência de sistema) colapsa, pontualmente, na cidade de Londres. A grande megalópole moderna, como aconteceu em outras cidades, tinha crescido exponencialmente e o tamanho do perímetro urbano fez com que o uso das fezes como fertilizante nos campos circunstantes não fosse mais praticável (Black e Fawcett, 2008; Wright, 1960), fosse pela distância percorrida ou pela quantidade de nutrientes em excesso que não podiam mais ser metabolizados pelo terreno (Dingle, 2008). Além disso, a concorrência com outros tipos de fertilizantes, de mais simples extração, fez com que a alternativa de conduzir tudo ao rio Tâmsa fosse a opção mais indicada, na presunção, em certa medida correta, de que o próprio rio iria metabolizar as substâncias. Coisa que não aconteceu pela quantidade de resíduos sanitários, muito volumosa, que derivou num fato histórico conhecido como *The great stink* ou o Grande Fedor do verão de 1858, em que a fetidez provocada pela poluição do rio levou, inclusive, ao fechamento do Parlamento (Black, 2008) e justificou, entre outras medidas de políticas públicas, a construção do primeiro grande sistema de esgoto moderno (Wright, 1960).

Nesse caso, a escolha mais simples e prática foi aproveitar a topografia da cidade de Londres e misturar, no mesmo traçado, a captação de águas de resíduo e as águas pluviais, como aconteceria depois em tantas outras cidades. O princípio adotado foi assumir que “a solução para a poluição é a diluição” (Lofrano e Brown, 2010). A prioridade era recolher as fezes do centro urbano e afastá-las o suficiente para que não fossem mais percebidas, confiando que os próprios rios limpassem de forma natural suas águas (Melosi, 2000; Tarr, 1996; Dingle, 2008). A construção do sistema de esgoto idealizado por Joseph Bazalgette em Londres, iniciado em 1858 e concluído em 1865, é um exemplo desse princípio. Através de uma série de coletores de esgoto e estações de bombeamento, as águas residuais eram transportadas das ruas e descarregadas, junto com as águas pluviais, no rio Tâmsa. Não houve, então, uma avaliação da capacidade assimilativa do rio e nenhuma compreensão da necessidade de remover poluentes antes de serem descarregados no rio (Lofrano e Brown, 2010). Depois do sistema de Londres virar uma espécie de modelo do esgoto moderno, outras cidades começaram a adotar soluções semelhantes. Apesar disso, a implementação do esgoto misturado (chuva e águas residuais) não foi consensual. Na época, várias cidades avaliaram e adotaram sistemas separados ou, inclusive, sistemas exclusivos, que transportavam somente fezes, deixando que as águas da chuva fossem canalizadas em superfície, resultando em um investimento menor e mantendo a possibilidade de os dejetos humanos serem ainda comercializados como fertilizantes (Zeldovich, 2021). Isso ocorre porque, depois que as fezes se misturam com água, seu uso posterior fica seriamente comprometido, pois a recuperação de nutrientes é difícil e cara, em razão da natureza diluída das águas residuais (Waltner-Toews, 2013), o que inviabiliza a sustentabilidade do sistema

(Verstraete et al., 2009). A conclusão dessa disputa entre alternativas técnicas concorrentes foi que o sistema separado, ou exclusivo, funcionava bem em cidades pequenas e o sistema misturado nas grandes áreas urbanas (Melosi, 2000; Tarr, 1996), onde a impermeabilização do solo dificultava o escoamento natural da chuva e o uso das fezes como fertilizante era dificultado, como já vimos, pelas distâncias e pela incapacidade da terra de metabolizar as grandes quantidades de nutrientes (Zeldovich, 2021).

Esse processo histórico pode bem ser enquadrado a partir das perspectivas teóricas que pensam as relações entre campo e cidade, especialmente com relação ao meio ambiente e os recursos orgânicos. Alguns estudiosos têm apontado para o papel das concepções vigentes, na Europa do século XIX, sobre a relação entre espaço urbano e o rural no planejamento urbanístico e, claro, na implementação da cidade sanitária, aquela moldada pelos preceitos da higiene moderna. A presença de “redutos” do universo rural na cidade, especialmente animais de fazenda e seus excrementos, era visto como um foco de impureza, sujeira e fedor, associado às classes baixas e considerado um perigo sanitário. Tais temores impulsionaram a “grande separação”, a pretensão de distinguir claramente o campo da cidade, na qual esta última seria o espaço totalmente construído pelo ser humano, em contraposição à natureza, alheia a sua vontade (Atkins, 2012). Evidentemente essa separação não passa de um expediente teórico sem fundamento sólido, já que os dois contextos estão intimamente imbricados, tanto naquele momento histórico quanto hoje (Melosi, 1993; Rosen e Tarr, 1994). Porém, essa pretendida separação justificou em parte o plano de afastar as fezes dos centros urbanos e eliminar sua condição potencial de recursos, reduzindo-as à sujeira perigosa a ser deslocada do espaço urbano.

Assim, o sistema que virou um modelo geral do esgoto moderno respondeu às necessidades específicas da megalópole moderna industrializada da segunda metade do século XIX. Uma capital enorme, na qual o rio não dava conta mais de metabolizar os rejeitos orgânicos, com uma população que sofria contínuas epidemias (Black, 2008) causadas, em grande parte, pelas condições de vida e habitação insalubres da era industrial, incluindo à exposição às fezes, e em um contexto em que a classe dirigente começava a pensar em políticas públicas e na necessidade de implementar soluções coletivas, urbanas, que não dependessem mais dos hábitos individuais dos cidadãos. Evidentemente, não era esse o contexto de todas as cidades nas quais foi implementado o modelo, como de fato aconteceu, em um típico caso de *one size fits all*, que ainda hoje é possível entrever nas características do sistema convencional de saneamento.

A preocupação pelo eventual tratamento dessas águas, com o desenvolvimento de filtros e plantas de tratamento, vai aparecer somente tempos depois (Tarr, 1996). Especificamente, quando ficou evidente que o problema tinha sido simplesmente deslocado a jusante foram, finalmente, introduzidos filtros e métodos de tratamento e avaliação da qualidade da água (Roccaro et al., 2014). Mas, durante o século XIX, os sistemas de saneamento não incluíam nenhum processo de tratamento, havia simples sistemas estáticos e dinâmicos para coletar e descartar as águas residuais (Roccaro et al., 2014). Em um primeiro momento, chegou-se a acreditar que o lançamento de substâncias industriais nos rios teria um efeito antibiótico benéfico no combate aos microrganismos; somente depois da Primeira Guerra Mundial começa a haver uma preocupação com a poluição industrial dos cursos de água (Melosi, 2000). Inclusive, houve interessantes discussões para decidir se era melhor instalar filtros no ponto que o esgoto era despejado ou nos pontos de captação da água para consumo humano (Melosi, 2000). Ainda que algumas vozes isoladas se levantassem contra a poluição dos rios, em geral, esse não era considerado um problema. Anos depois, com o avanço do conhecimento químico, agentes artificiais foram

incluídos para eliminar, ou tentar eliminar, toda atividade microbiológica presente nas águas utilizadas. Solução que foi revista pois, efetivamente, alguns processos naturais depuravam espontaneamente o líquido. Se compreendeu, então, que uma água absolutamente asséptica, por meio de produtos químicos, sem traços de vida, não era a melhor opção e que alguns processos naturais metabolizam espontaneamente elementos patógenos (Cosgrove, 1909).

No século XX, novos conhecimentos sobre bactérias e seu papel na decomposição e a oxidação de materiais orgânicos, abriram outras possibilidades para o tratamento de esgoto (Dingle, 2008), o que permitiu desenvolver vários métodos de filtração biológica, dependendo assim menos do componente agressivo artificial que pode afetar também o ser humano. Importante lembrar que, nesse sistema, se mistura espontaneamente a água enquanto líquido vital para o consumo humano, isto é, água potável, com a água como meio de transporte de rejeitos humanos, potencialmente tóxicos. Função dupla inaugurada pelo próprio sistema e que não depende das características desse recurso, mas da forma como ele foi entendido e que se mantém, até hoje, praticamente indiscutida.

Vemos, então, que o *flush toilet*, combinado com o esgoto moderno substituiu, de forma definitiva, os sistemas anteriores a partir da revolução sanitária do século XIX, o que levou a água a se tornar o agente sanitário supremo (Black e Fawcett, 2008). Evidentemente, não se trata do mesmo problema sociotécnico da antiga Roma, ele é uma criação moderna. Trata-se de um problema que encontra uma solução excelente jogando simplesmente o conteúdo do vaso fora, já que os dejetos não são mais um recurso valioso e o uso intensivo de água não apresenta inconvenientes. Sendo assim, o sistema de saneamento convencional não é uma série de aprimoramentos técnicos permitidos pelo avanço das técnicas e dos processos científicos, ele é um arranjo técnico que cobra sentido a partir das prioridades que sua própria evolução define.

Mudança social e cultural sanitaria

Durante a “febre” dos sanitaristas do final do século XIX por encontrar uma forma eficiente de combater as epidemias constantes que apareciam, especialmente nas grandes cidades, a teoria dos germes comprovada por Pasteur lhes deu a chave para concentrar seus esforços (Latour, 1988). Não era mais necessário combater um inimigo invisível, presente em todo lugar, e o fedor não era mais a causa perceptível. Agora era necessário somente adotar hábitos de higiene específicos e relativamente simples. Até o final do século XIX os higienistas eram como um grande exército, mas que devia defender toda uma extensa fronteira, sem saber por onde o inimigo poderia aparecer. Com a identificação dos microrganismos, eles conseguem descobrir os pontos de entrada das doenças, o que facilita a definição de formas eficientes de combate às suas causas (Latour, 1988). Basicamente era suficiente lavar as mãos e tomar banho para evitar as doenças surgidas da falta de higiene que, em muitos casos, queria dizer simplesmente entrar em contato com fezes contaminadas. O micróbio materializou o risco, daí o novo papel da limpeza: combater os inimigos invisíveis (Geels, 2005). Porém, o fato dos germes, e não a sujeira, serem a ameaça, não foi imediatamente aceito, pois era um argumento difícil de entender e demonstrar, já que os microrganismos são invisíveis e sem cheiro (Hoy, 1995; Penner, 2014). Porém, com o tempo ocorreu uma mudança comportamental induzida na população que deve sua eficácia a uma noção metafórica poderosa: a guerra contra os germes, a qual padroniza ações que indicam o problema com o qual está se lidando (micróbios perigosos),

define os procedimentos que devem cumprir a sua função (lavar e limpar), designa os responsáveis pelo desenvolvimento de tais processos (doutores e *designers*), além de sugerir quem deve implementá-los (donas de casa, indivíduos, portas, canos) e definir os efeitos desejados (a morte dos germes) (Gastelaars, 1996).

Desta forma, as práticas de higiene que, tempos atrás, eram consideradas um elemento de distinção e aprovação social, mudaram para um ato cientificamente fundado que não podia ser mais um privilégio de classe (Quitau, 2007). Na sociedade europeia do século XIX, a distinção entre classes era crucialmente importante e, para enfatizar a distinção social com as camadas sociais mais carentes, as classes médias colocaram mais ênfase na limpeza, na supressão de cheiros corporais, no autocontrole e na supressão de emoções. Em inglês, o termo *toilette* faz referência a uma forma de vestir, de se preparar para “aparecer” em sociedade, o que demonstra que, culturalmente, o banheiro moderno inicialmente surge associado com a ideia de limpeza pessoal, mais do que com preocupações estritamente higiênicas (Black e Fawcett, 2008). Nesse momento, a ambição era banir os odores corporais do espaço público. Sujeira e fedor eram cada vez mais associados aos indigentes, a tudo que era “baixo” e “incivilizado” (Geels, 2005; Hoy, 1995). Porém, o crescimento demográfico e a urbanização exacerbaram os problemas relacionados ao lixo e ao mau cheiro. Isso, junto com maior sensibilidade sobre a questão social e os avanços da ciência médica, consolida um sentimento generalizado de que as condições de higiene tinham de ser melhoradas (Geels, 2005).

Houveram, então, grandes mudanças no significado social da limpeza, surgiu uma “ideologia higiênica”. Novas práticas assépticas associadas com o banho se consolidaram e foram transmitidas às classes trabalhadoras por meio de uma “ofensiva civilizatória”¹⁵ (Geels, 2005). O conhecimento mais aprofundado das causas das doenças levou, assim, a uma mudança de foco, deixou de ser considerado todo o entorno coletivo da população como o fator a ser mudado, para começar a se considerar a higiene individual como fator decisivo. A velha saúde pública lidava com o entorno, a nova com o indivíduo (Melosi, 2000). O banheiro deixa de ser um símbolo de distinção para ser um indicador de higiene, ele vira um assunto, um lugar, associado com a saúde pública (Shove, 2003). A ideologia higiênica forneceu uma estrutura simbólica legítima para justificar as tentativas de disciplinar e civilizar as classes trabalhadoras (Geels, 2005). O micróbio, no âmbito dos programas de higiene, criou uma espécie de vínculo jurídico entre as pessoas, o cuidado pessoal não fazia sentido se o vizinho não fizesse o mesmo, ele criou novas interdependências entre as pessoas (Latour, 1988). Era necessário educar a população, ricos e pobres, e difundir o uso do banheiro (quarto de banho) como uma necessidade urbanística, de políticas públicas, e tal objetivo entrou nas prioridades do Estado. Figuras importantes da revolução sanitária britânica, como John Snow, Edwin Chadwick e Joseph Bazalgette tomaram dimensões míticas, mas a transformação concreta, em termos de resultados, só se deu muito tempo depois, no início do século XX, pois se tratou de uma transformação muito lenta (Black, 2008). A implementação definitiva do sistema convencional implicou também uma transferência de responsabilidade das famílias para o governo, o que teve como consequência minimizar o contato do usuário com as águas residuais, uma vez que o sistema de descarga transportava

15 A partir da guerra da Crimeia surge a consciência sobre a importância da higiene associada com as doenças e a cura, já que três quartas partes das mortes do exército britânico foram causadas por doenças adquiridas nos hospitais. Nos Estados Unidos, após a Guerra Civil cria-se uma consciência política sobre a importância da higiene e da saúde coletiva. Na segunda metade do século XIX comissões de sanidade são instaladas nas grandes cidades para combater o surgimento de epidemias (Hoy, 1995).

automaticamente as substâncias e a manutenção tornou-se mais fácil para os usuários (Quitau, 2007), pois foram eliminadas algumas tarefas fisicamente exigentes, como esvaziar a fossa ou substituir recipientes.

Porém, a história da higiene pessoal não constitui uma narração linear, não se trata de uma evolução que leva à civilização (Quitau, 2004). Aliás, a limpeza corporal não era uma atividade popular na Europa do início do século XIX. Os banhos foram, por vezes, associados ao vício e à imoralidade, pois eram associados com bordéis luxuosos ou banhos turcos. Além disso, muitos médicos da época desconfiavam dos banhos frequentes (Geels, 2005). Se, no começo da história dos banheiros modernos, foram adaptados alguns espaços das habitações para comportar os elementos técnicos necessários para o banheiro, após a revolução sanitária era necessário desenhar um espaço no domicílio com características totalmente novas e específicas (Horn, 1996). Ele devia se parecer mais com um hospital do que com qualquer outro espaço dos antigos domicílios (Davison, 2001). A comodidade e o aconchego do lar cediam o lugar para um espaço que respondia a regras de limpeza e assepsia, de higiene. O banheiro, como espaço específico, surgiu como um conceito independente, mas paralelo, à instalação de água encanada e sistemas de esgoto. O banheiro como lugar arquitetônico em si não existia, o que havia era uma série de acessórios espalhados na casa, mas, depois da chegada das tubulações e dos sistemas de água corrente, esses elementos adquirem um lugar fixo, viram "*fixtures*" (Lupton e Miller, 1992). Antes disso, as funções do banheiro estavam dispersas, e a instalação do banheiro fusionou três atividades separadas até então: banhar-se, limpar o corpo e vestir-se (Illich, 1986). A instalação de um banheiro reúne essas funções em um conjunto coerente. Uma explicação para essa coerência específica é a própria infraestrutura: é mais fácil conectar as funções ao sistema de tubulação se estiverem situadas próximas umas das outras. Outra explicação é que essas funções se encaixam fundamentalmente, porque dizem respeito ao manuseio de resíduos (Quitau, 2004). Em qualquer caso, elas respondem a uma exigência inovadora na época e puramente moderna.

Paralelamente, no final do século XIX, se consolida a cultura do consumo, com produtos projetados em massa e rapidamente distribuídos. Nesse período, tomam forma o banheiro e a cozinha modernos e aquele se torna um laboratório para a gestão de resíduos biológicos de vários tipos. O estilo moderno de desenho simplificado que serviu aos ideais de higiene corporal surge da paisagem doméstica do banheiro e da cozinha (Lupton e Miller, 1992).

Assim, acessórios decorados e muito elaborados foram abandonados para dar espaço a desenhos simples e acessíveis (Shove, 2003). A partir dos anos 1930, a estética da limpeza vira norma no cenário doméstico. A cor branca se faz padrão pela sua praticidade para identificar a sujeira, surge uma série de indicações oficiais sobre o tipo de cores e de superfícies recomendadas, sendo sempre impermeáveis e fáceis de limpar, de higienizar (Forty, 1986). Com desenhos que perdiam qualquer veia decorativa para se centrar no funcional, primam as características aerodinâmicas para lidar com líquidos. Esse estilo reflete o espírito de uma época, obcecada com o consumo e a higiene, realizando uma mistura entre o orgânico e o mecânico: superfícies semelhantes à pele, mas resistentes à sujeira e a outros elementos externos (Lupton e Miller, 1992).

A “crise” do sistema convencional

A água entra de forma dupla no sistema convencional, isto é, cumprindo duas funções diferentes, mas que têm se confundido até hoje. A água como agente higiênico dentro do processo de limpeza, necessária para eliminar os germes e evitar contágio, e a água como corpo físico capaz de transportar de forma natural o que nela descartemos. São duas funções diferentes e somente na primeira delas o uso de água parece tecnicamente necessário. Isso implica que há uma ideia específica sobre os usos e a função da água com relação às doenças, o corpo e o meio ambiente que cria uma unidade indissolúvel até hoje, tanto conceitualmente como arquitetonicamente, entre o vaso sanitário, a pia e o chuveiro, todos interligados com uma fonte de água corrente potável. Os banheiros modernos foram criados dentro dessa lógica, da qual é hoje difícil fugir. As críticas ecológicas sobre o uso intensivo de água geralmente esbarram nessa associação rígida entre essas duas funções, que confunde a água que limpa com a água que transporta, e se considera que essa última também cumpre uma função higiênica. O que acaba provocando que o próprio uso da água, como meio de transporte, não seja discutido, e que as soluções ecológicas se reduzam a desenhar vasos sanitários mais eficientes, que usam menos água, água limpa, geralmente da mesma fonte de água potável disponível em casa.

Além do conflito latente a partir dos valores e funções atribuídos à água, um segundo fator de inadequação do sistema se encontra nos seus limites de escalabilidade e adaptabilidade. Hoje, grande parte da infraestrutura de esgoto existente funciona muito além de sua vida útil e precisará ser adaptada às condições futuras. Portanto, novas abordagens de *design* são necessárias para reduzir o impacto da nova infraestrutura e otimizar a recuperação de água, materiais e energia (Roccaro et al., 2014). A adequação do atual sistema de saneamento está sendo contestada em várias frentes, a começar pelo questionamento do uso excessivo de produtos químicos e de energia nos processos de tratamento, a baixa capacidade de recuperação de nutrientes e os custos crescentes de operação e manutenção, principalmente devido a redes envelhecidas e a demandas de tratamento mais rigorosas (Krantz, 2012). O sistema, herdado de um contexto ecológico, técnico e social diferente, deverá enfrentar desafios inéditos, como o aumento de desastres naturais, aos quais o sistema é particularmente vulnerável e, finalmente, o esgotamento global do fornecimento de minérios para produzir fertilizantes químicos (Penner, 2014).

O próprio modelo que, de alguma forma, foi considerado como o exemplo a seguir, o esgoto londrino, teria atingido recentemente sua capacidade máxima de operação, requerendo a criação de um novo super-esgoto (*super sewer*) para responder ao aumento da população da cidade (Harpin, 2023). O que irá requerer maior quantidade de água limpa, já que a intervenção projetada configura, basicamente, uma ampliação do sistema, mantendo os mesmos processos e os mesmos valores e significados com relação à água e aos recursos em geral. Outro fenômeno que aponta as limitações do sistema paradigmático de Londres e a necessidade de rever sua adequação às condições atuais é o impressionante fenômeno dos *fatbergs*: massas gigantescas de gordura calcificada junto com todo tipo de rejeitos “jogados fora” no esgoto e que acabam entupindo, de forma recorrente, todo o sistema (Ibáñez, 2020). Isso acontece não só porque os usuários são irresponsáveis, mas também porque eles agem de forma coerente com a lógica que fundou o sistema: a água corrente é capaz de limpar e levar embora o que nela se jogue (*out of sight out of mind*). Sendo assim e visto que as fezes não são vistas como recursos, mas como resíduos que devem ser afastados, pode-se jogar no vaso tudo o que não desejamos

mais em casa. Estando tudo misturado, a água do vaso, da pia, do chuveiro etc., não há alguma consciência sobre a distinção entre esses tipos de água e, visto que o próprio sistema não a estabelece, por que o usuário deveria fazê-lo?

Desta forma, junto com as fezes, vão resíduos orgânicos de comida, cosméticos, produtos químicos e uma infinidade de outros supostos resíduos (Waltner-Toews, 2013) que o sistema pode metabolizar cada vez menos, já que os tipos de poluentes presentes são muito variados e nem sempre se conta com o tratamento específico necessário (Deblonde et al., 2011). É relativamente recente a descoberta de “componentes emergentes”, uma forma particular de substância poluente que chega aos esgotos e que é cada vez mais difícil e custoso tentar eliminar (Deblonde et al., 2011). Os poluentes emergentes (EPs), também conhecidos como micropoluentes, se apresentam como um grande problema para o meio ambiente e para a saúde humana. Nenhum dos métodos de eliminação de EPs é totalmente eficiente, pois não abrangem todos os poluentes identificados e nem sempre sua implementação é prática ou sustentável (Arman et al., 2021). Sem falar da presença, já reconhecida, de antibióticos, que entram nos cursos de água pelo esgoto e criam potenciais riscos ainda não totalmente identificados, visto que as taxas de remoção destas substâncias não chegam nunca a 100%; no caso dos antibióticos ela se aproxima de 50% (Deblonde et al. 2011). Enfim, trata-se de situações novas, que sugerem problemas também novos, que não podiam estar no radar de quem desenhou o sistema moderno nos seus primórdios (Uekötter, 2018).

Finalmente, mas não por último, temos a preocupação pelo exaurimento eventual das fontes para a produção de fertilizantes químicos, além das implicações que sua produção e transporte geram. Os alimentos são produzidos a partir de quantidades importantes de energia e recursos, enquanto os nutrientes extraídos dos solos cultivados precisam ser substituídos. Tal substituição é realizada por meio fertilizantes produzidos com alto aporte energético (De Gisi et al., 2014). Fabricados a partir de minérios e outros precursores que não estão distribuídos de forma homogênea no planeta, os fertilizantes artificiais criam uma circulação anômala de recursos que induz a desequilíbrios já identificados. Fertilizantes minerais são transportados de um canto do planeta para nutrir o terreno em outro lugar da Terra, mirando a criação de gado, por exemplo, que vai gerar fertilizante natural, fezes, mas que não serão utilizadas para tal fim (Zeldovich, 2021). Há então um enorme deslocamento de recursos que truncam os ciclos naturais, sendo retirados de uma região e permanecendo ociosos, potencialmente poluindo outros espaços. Outro exemplo é o desequilíbrio entre o fluxo de nutrientes entre o mar e a terra, gerado pelo consumo e gestão dos resíduos dos nossos processos metabólicos e que acaba introduzindo nutrientes demais em um ambiente que não é mais capaz de processá-los (Zeldovich, 2021). Dependendo das características das águas receptoras, muitas estações de tratamento são necessárias para remover nitrogênio, fósforo ou ambos (Lofrano e Brown, 2010). Quer dizer, paradoxalmente, a presença excessiva de nutrientes vira um problema, pois os estamos acumulando no lugar errado.

Curiosamente, o uso de esterco animal – não humano – na agricultura continua até hoje, provavelmente porque se pensa que o fedor do estrume não é causa de doenças, velho fantasma da era dos miasmas, e por não se considerar que o estrume animal possa ser “eliminada” (*flushed away*) comodamente pelo vaso sanitário, como acontece com os excrementos humanos (Ganiron, 2015). Porém, os seres humanos excretam, em média, quantidades suficientes de nitrogênio, fósforo e potássio com nutrientes necessários para cultivar os 230 kg de plantas que consomem anualmente (Ganiron, 2015). Trata-se então de quantidade suficiente de fertilizantes, produzidos

localmente, dispensando o uso e transporte de produtos químicos, mas que acabam no esgoto. Tudo isso, apesar do estrume animal apresentar algumas vantagens energéticas e químicas excepcionais, pois a quebra da molécula de nitrogênio é um trabalho árduo, que requer muita energia. Porém, as bactérias realizam-no dentro de suas próprias células à temperatura ambiente e à pressão atmosférica, já a tecnologia humana usa alta temperatura e pressão, consumindo, portanto, energia. O esterco humano e animal é um material orgânico parcialmente digerido, tendo sido quebrado em compostos e moléculas menores, facilitando a ação dos micróbios. O estrume “compostado”, que os microrganismos modificaram, torna-se um fertilizante ótimo, já que as plantas não precisam esperar que os nutrientes fiquem disponíveis, suas raízes podem começar a absorvê-los imediatamente de forma extremamente eficiente e simples.

Em se tratando da possibilidade de considerar os dejetos humanos como nutrientes ou recursos valiosos, claramente, uma abordagem crítica ao sistema de saneamento convencional não pode ignorar as potencialidades da produção de energia (biogás) a partir de biodigestores. Essa alternativa, tecnologicamente disponível e que vem crescendo nos últimos anos, é uma demonstração das potencialidades de uma mudança de olhar sobre os resíduos orgânicos e reverte a lógica linear predominante no sistema convencional. Porém, como outras soluções emergentes, sua difusão é tão reduzida¹⁶ que não representa um desafio realista aos padrões em vigor. E, ainda que a produção de biogás passasse de forma maciça a compor a matriz energética global, isso não garante que seja afrontada a inadequação do sistema convencional de que estamos tratando. O uso massivo de fezes humanas como recurso para a produção de energia por meio de biodigestores pode perfeitamente se enquadrar como uma solução *end of pipe*, na qual todo o arranjo sociotécnico se mantém intacto. Nada garante que essa eventual mudança no tratamento dos dejetos mude também a forma pela qual os usuários interpretam a função da água e do banheiro no processo todo. Isto é, pode-se perfeitamente produzir energia a partir das fezes humanas sem mudar substancialmente o sistema atual, seja do ponto de vista do usuário, seja da concepção que sustenta a dependência da água e as funções que lhe são concedidas.

Como foi sugerido, nenhum dos componentes do sistema convencional representa a solução mais avançada ao problema de descarte e gestão dos rejeitos sanitários humanos, o que temos são soluções convenientes a um determinado contexto. Também não são o resultado de um processo de desenvolvimento convergente e homogêneo, e sim o resultado do cruzamento de aprimoramentos de várias iniciativas, impulsionados pelas condições específicas do pensamento científico, técnico e cultural do momento histórico. Sendo assim, ao longo da história dos sistemas de saneamento, encontramos ideias e artefatos que concorreram e disputaram com os modelos que acabaram “vencendo” e se transformando na alternativa aceita e reconhecida. Embora o sistema de saneamento convencional permaneça parcialmente incontestado no século XXI, sua consolidação foi extremamente controversa no século XIX (Uekötter, 2018) e as disputas sobre vários modelos de saneamento estiveram em aberto até bem começado o século XX (Penner, 2014). Os critérios para definir essa prevalência foram, como muitas vezes acontece, de natureza não necessariamente técnica, entrando em jogo interesses, valores culturalmente determinados e cálculos econômicos. O fato de terem existido, no passado, tecnologias que foram implementadas e mesmo que foram funcionais durante longos períodos, demonstra a viabilidade de soluções alternativas e sua desconsideração a partir da estabilização do sistema

16 No Brasil, por exemplo, a participação do biogás na matriz energética é inferior ao 1% (Soares et al., 2022).

convencional. Essas tecnologias não predominantes não se reduzem a relíquias da arqueologia das tecnologias ou a elos perdidos do desenvolvimento virtuoso dos sistemas de saneamento. Pelo contrário, trata-se de propostas perfeitamente eficientes e atuais, inclusive em estágio de aperfeiçoamento técnico, especialmente com relação ao vaso sanitário. Porém, o grau de implementação de métodos que economizam ou dispensam o uso de água é desanimador. Essas soluções, embora tecnicamente funcionais, ainda não ganharam reconhecimento social e as que existem encontram-se em contextos isolados ou configuram experimentos de habitação ecológica (Quitau, 2007). Historicamente, como já vimos, a opção de retirar as fezes usando um mecanismo hidráulico que, posteriormente, as transporta e concentra em cursos de água maiores, naturais ou artificiais, era só umas das possibilidades exploradas. No momento de disputa técnica, antes da consolidação de uma só tecnologia, apareceram várias opções sem uso de água, incentivadas pela premissa de manter intactos os nutrientes ou pelas dificuldades apresentadas pela relativamente pouca difusão de sistemas de água encanada nas habitações (Black, 2008). O princípio fundamental desta linha de desenvolvimento, a ausência de água, parece “reaparecer” hoje em soluções de banheiros secos que, apesar de serem funcionais e eficientes, e tão velhos quanto o “moderno” *flush toilet*, apresentam uma série de obstáculos para serem considerados como alternativas competitivas ou sequer relevantes. Desta forma, tecnologias “antigas”, associadas com a água e o esgoto, podem ter o potencial de fornecer soluções “novas” e sustentáveis relevantes para a atual crise ambiental global (De Gisi et al., 2014).

Considerações finais

Diante dos indícios de uma inadequação crescente do sistema convencional de saneamento com relação ao contexto sociotécnico atual, abre-se a possibilidade de enxergá-lo em perspectiva histórica, enquadrando os condicionamentos que, na sua gênese, sustentam sua hegemonia, o que dificulta a consideração de variantes técnicas como alternativas pertinentes. É importante mudar a interpretação associada à água como portadora de higiene e meio ótimo de transporte de fezes, função justificada pela necessidade, em parte herdeira do tempo da teoria dos miasmas, de afastar rapidamente essas substâncias. Seria importante separar conceitualmente, na cabeça dos gestores públicos e dos usuários, o abastecimento de água da ideia de saneamento (de saúde) (Black e Fawcett, 2008). Reconhecer também as limitações estruturais do sistema, derivadas da dependência concreta e conceitual da água como única alternativa funcional. Introduzir a discussão sobre a circulação e o desequilíbrio de recursos associado ao comércio de fertilizantes químicos, assim como sua dependência de fontes finitas, a partir da ressignificação das fezes como fontes sustentáveis de nutrientes (Werner et al., 2009).

Finalmente, é importante não pretender mudar a lógica de “*one size fit all*” do sistema atual por outra do mesmo tipo, mas na qual todos os banheiros devem ser exclusivamente secos. As escolhas devem seguir critérios de implementação, com base na ideia de adequação sociotécnica, e levar sempre em consideração o contexto. Em qualquer caso de uma eventual mudança ou reinterpretação do sistema convencional se faz necessário discutir a responsabilização do usuário e abrir a possibilidade de considerar a descentralização dos serviços públicos e privados associados.

Referências bibliográficas

- ARMAN, N.Z.; SALMIATI, S.; ARIS, A.; SALIM, M.R.; NAZIFA, T.H.; MUHAMAD, M.S.; MARPONGAHTUM, M. A review on emerging pollutants in the water environment: existences, health effects and treatment processes. *Water*, v. 13, n. 22, p. 1-31, 2021.
- ATKINS, P. Animal wastes and nuisances in nineteenth century London. In: ATKINS, P. (ed.). *Animal Cities: beastly urban histories*, 2012. p. 19-52.
- BLACK, M. The experience of the first sanitary revolution: are there lessons for today's global sanitation crisis? *Waterlines*, v. 27, n. 1, p. 62-70, 2008.
- BLACK, M.; FAWCETT, B. *The last taboo: opening the door on the global sanitation crisis*. London: Earthscan, 2008.
- BRUCE, F.E. Water supply and waste disposal. In: SINGLER, C. et al. (ed.). *A history of technology*. Oxford: Clarendon Press, 1968. v. 4.
- BURTON, J.; PATEL, D.; LANDRY, G.; ANDERSON, S.M.; RARY, E. Failure of the gold standard: the role of a mixed methods research toolkit and human-centered design in transformative WASH. *Environ Health Insights*, v. 15, p. 1-4, 2021.
- CALLON, M. Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis. In: BIJKER, W. et al. (org.). *Social construction of technological systems*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- CARDINI, M. *L'igiene pubblica di Roma antica: fino all'età imperiale*. Avezzano: Studio Bibliografico A. Polla, 1909.
- COSGROVE, J.J. *History of sanitation*. Pittsburgh: Standard Sanitary Manufacturing Company, 1909.
- DAVISON, K. *The sit-down flush toilet revisited*. Thesis (Master's thesis in Industrial Design) – University of Calgary, Calgary, 2001.
- DE DECKER, K. Recycling animal and human dung is the key to sustainable farming. *Low-Tech Magazine*, 15 set. 2010. Disponível em: <https://www.lowtechmagazine.com/2010/09/recycling-animal-and-human-dung-is-the-key-to-sustainable-farming.html>. Acesso em: 11 jul. 2020.
- DE GISI, S.; PETTA, L.; WENDLAND, C. History and technology of "terra preta" sanitation. *Sustainability*, v. 6, n. 3, p. 1328-1345, 2014.
- DEBLONDE, T.; COSSU-LEGUILLE, C.; HARTERMANN, P. Emerging pollutants in wastewater: a review of the literature. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v. 214, n. 6, p. 442-448, 2011.
- DEVKOTA, G. P.; PANDEY, M. K.; MAHARJAN, S. K. Urine diversion dry toilet: a narrative review on gaps and problems and its transformation. *European Journal of Behavioral Sciences*, v. 2, n. 3, p. 10-19, 2020.
- DIAS, R.; NOVAES, H. Construção do marco analítico-conceitual da tecnologia social. In: DAGNINO, R. (org.). *Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade*. 2. ed. Campinas: Komedi, 2010.
- DINGLE, T. The life and times of the Chadwickian solution. In: TROY, P. *Troubled waters: confronting the water crisis in Australia's cities*. Canberra: ANU Press, 2008.
- FEO, G.D.; LAUREANO, P.; DRUSIANI, R.; ANGELAKIS, A.N. Water and wastewater management technologies through the centuries. *Water Science & Technology: Water Supply*, v. 10, n. 3, p. 337-349, 2010.
- FORTY, A. *Objects of desire, design and society (1750-1980)*. London: Thames and Hudson, 1986.
- FREIGHTENED: the real cost of shipping. Produção de Denis Delestac. Barcelona: Polar Star Films/La Compagnie des Taxis-Broussie, 2016. 90 min.
- GANIRON, T. Measuring levels of end-users' acceptance and use of UDDT. *International Journal of u- and e-Service, Science and Technology*, v. 8, n. 3, p. 77-88, 2015.
- GASTELAARS, M. The water closet: public and private meanings. *Science as Culture*, v. 5, n. 4, p. 483-505, 1996.
- GEELS, F. Co-evolution of technology and society: the transition in water supply and personal hygiene in the Neth-

- erlands (1850-1930) a case study in multi-level perspective. *Technology in Society*, v. 27, n. 3, p. 363-397, 2005.
- HARPIN, D. Thames water crisis will not derail opening of London's new super sewer. *News. My London*, London, 30 jun. 2023. Disponível em: <https://www.mylondon.news/news/thames-water-crisis-will-not-27228192>. Acesso em: 8 jul. 2024.
- HORN, L.J. *The porcelain god: a social history of the toilet*. New Jersey: Carol Press, 1996.
- HOY, S.M. *Chasing dirt: the American pursuit of cleanliness*. New York: Oxford University Press, 1995.
- HUGHES, T.P. The seamless web: technology, science, etcetera, etcetera. *Social Studies of Science*, v. 16, n. 2, p. 281-292, 1986.
- IBÁÑEZ, M. R. El monstruo de las toallitas: relacionalidad material en el Antropoceno. *Política y Sociedad*, v. 57, n. 2, p. 375-393, 2020.
- ILLICH, I. *H2O and the waters of forgetfulness*. New York: Marion Boyars, 1986.
- JANSEN, C. M. G. Systems for the disposal of waste and excreta in Roman cities: the situation in Pompeii, Herculaneum and Ostia. In: RAVENTÓS, X.D.; REMOLÁ, J.A. *Sordes urbis: la eliminación de residuos en la ciudad romana: actas de la reunión de Roma (15-16 nov. 1996)*. Roma: L'Erma di Bretschneider, 2000. p. 37-50.
- KIRA, A. *The bathroom*. New York: Viking Press, 1976.
- KÖRNER, W.; SPENGLER, P.; BOLZ U.; SCHULLER, W.; HANF, V.; METZGER, J. Substances with estrogenic activity in effluents of sewage treatment plants in southwestern Germany: 2: biological analysis. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 20, n. 10, p. 2142-2151, 2001.
- KRANTZ, H. Water systems meeting everyday life: a conceptual model of household use of urban water and sanitation systems. *Public Works Management & Policy*, v. 17, n. 1, p. 103-119, 2012.
- LAMICHHANE, K.M.; BABCOCK, R.W. Survey of attitudes and perceptions of urine-diverting toilets and human waste recycling in Hawaii. *The Science of the Total Environment*, v. 443, p. 749-756, 2013.
- LANGERERABER, G.; MUELLEGER, E. Ecological sanitation: a way to solve global sanitation problems? *Environment International*, v. 31, n. 3, p. 433-444, 2005.
- LATOUR, B. *The pasteurization of France*. Cambridge: Harvard University Press, 1988.
- LATOUR, B. Where are the missing masses? The sociology of a few mundane artifacts. In: BIJKER, W.; LAW, J. (org.). *Shaping technology/building society*. Cambridge: MIT Press, 1992.
- LOFRANO, G.; BROWN, J. Wastewater management through the ages: a history of mankind. *The Science of the Total Environment*, v. 408, n. 22, p. 5254-5264, 2010.
- LUPTON, E.; MILLER, A. *The bathroom, the kitchen, and the aesthetics of waste: a process of elimination*. Princeton: Architectural Press; List Visual Arts Center, 1992.
- MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. New York: North Point Press, 2002.
- MELOSI, M.V. The place of the city in environmental history. *Environmental History Review*, v. 17, n. 1, p. 1-23, 1993.
- MELOSI, M.V. *The sanitary city: urban Infrastructure in America from colonial times to the present*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2000.
- PANCIERA, S. Nettezza urbana a Roma: organizzazione e responsabili. In: RAVENTÓS, X.D.; REMOLÁ, J.A. *Sordes urbis: la eliminación de residuos en la ciudad romana: actas de la reunión de Roma (15-16 nov. 1996)*. Roma: L'Erma di Bretschneider, 2000. p. 95-107.
- PATERSON, C.; MARA, D.; CURTIS, T. Pro-poor sanitation technologies. *Geoforum*, v. 38, n. 5, p. 901-907, 2007.
- PENNER, B. The Prince's water closet: sewer gas and the city. *The Journal of Architecture*, v. 19, n. 2, p. 249-271, 2014.
- PINCH, T.; BIJKER, W.E. The social construction of facts and artifacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other. In: BIJKER, W. et al. (eds.). *The social construction of technological*

- systems. Cambridge: MIT Press, 1990.
- QUITZAU, M.B. Changing ideas of bodily cleanliness. In: INTERNATIONAL SUMMER ACADEMY ON TECHNOLOGY STUDIES, 6., 2004, Deutschlandsberg. *Proceedings...*, Deutschlandsberg: [s.n.], 2004.
- QUITZAU, M.B. Water-flushing toilets: systemic development and path-dependent characteristics and their bearing on technological alternatives. *Technology in Society*, v. 29, n. 3, p. 351-360, 2007.
- ROCCARO, P.; SANTAMARIA, A.E.; VAGLIASINDI, F.G.A. Historical development of sanitation from the 19th century to nowadays: centralized vs decentralized wastewater management systems. In: ANGELAKIS, A.N.; ROSE J.B. (org.). *Evolution of sanitation and wastewater technologies through the centuries*. London: IWA Publishing, 2014.
- RODRIGUEZ, U.; HUTTON, G.; JAMORA, N.; HARDER, D.; OCKELFORD, J.; GALING, E. *Economic assessment of sanitation interventions in the Philippines: a six-country study conducted in Cambodia, China, Indonesia, Lao PDR, the Philippines and Vietnam under the Economicx of Sanitation Initiative (ESI)*. Jakarta: World Bank/Water and Sanitation Program, 2011.
- ROSEN, C.M.; TARR, J.A. The importance of an urban perspective in environmental history. *Journal of Urban History*, v. 20, n. 3, p. 299-310, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1177/009614429402000301>.
- SHOVE, E. *Comfort, cleanliness and convenience: the social organization of normality*. Oxford: Berg, 2003.
- SOARES, I.P.; SCHULTZ, E.L.; GAMBETTA, R.; GONCALVES, S. B. Biogás e suas contribuições para os objetivos de desenvolvimento sustentável. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2022.
- TARR, J.A. *The search for the ultimate sink: urban pollution in historical perspective*. Akron: The University of Akron Press, 1996.
- TYNAN, N. Nineteenth century London water supply: processes of innovation and improvement. *The Review of Austrian Economics*, v. 26, n. 1, p. 73-91, 2013.
- UDDIN, S.M.; MUHANDIKI, S.; SAKAI, A.; MAMUN, A.; HRIDI S. Socio-cultural acceptance of appropriate technology: identifying and prioritizing barriers for widespread use of the urine diversion toilets in rural Muslim communities of Bangladesh. *Technology in Society*, v. 38, p. 32-39, 2014.
- UEKÖTTER, F. The power of the water system: towards a global history of the water closet. *UrbanScope*, v. 9, p. 21-29, 2018.
- VERSTRAETE, W.; VAN DE CAVEYE, P.; DIAMANTIS, V. Maximum use of resources present in domestic used water. *Bioresource Technology*, v. 100, n. 23, p. 5537-5545, 2009.
- VUORINEN, S.H. Water, toilets and public health in the Roman era. *Water Science and Technology: Water Supply*. v. 10, n. 3, p. 411-415, 2010.
- WALTNER-TOEWS, D. *The origin of feces: what excrement tells us about evolution, ecology, and a sustainable society*. Toronto: ECW Press, 2013.
- WERNER, C.; PANESAR, A.; RÜD, S.B.; OLT, C.U. Ecological sanitation: principles, technologies and project examples for sustainable wastewater and excreta management. *Desalination*, v. 248, n. 1-3, p. 392-401, 2009.
- WHO, World Health Organization; UNICEF, United Nations Children's Fund. *Global water supply and sanitation assessment 2000 Report*. Geneva: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2000.
- WRIGHT, L. *Clean and decent: the fascinating history of the bathroom & the water closet and of sundry habits, fashions & accessories of the toilet principally in Great Britain, France, & America*. London: Routledge & Kegan Paul, 1960.
- ZELDOVICH, L. *The other dark matter: the science and business of turning waste into wealth and health*. Chicago: The University of Chicago Press, 2021.

Recebido em novembro de 2023

Aceito em março de 2024