



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y  
Red Académica Iberoamericana Local-Global  
Indexada en IN-Recs (95 de 136), en LATINDEX (33 DE 36), reconocida por el DICE, incorporada a la  
base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la  
Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.

Vol 12. N° 34

Junio 2019

[www.eumed.net/rev/delos/34/index.html](http://www.eumed.net/rev/delos/34/index.html)

## **PARA SUPERAR O DÉFICIT DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: PAPEL POTENCIAL DAS TECNOLOGIAS APROPRIADAS**

Eduardo de Lima Caldas<sup>1</sup>  
Universidade de São Paulo  
[eduardocaldas@usp.br](mailto:eduardocaldas@usp.br)

Guilherme Barbosa Checco<sup>2</sup>  
Universidade de São Paulo  
[guichecco@hotmail.com](mailto:guichecco@hotmail.com)

Martin Jayo<sup>3</sup>  
Universidade de São Paulo  
[martin.jayo@usp.br](mailto:martin.jayo@usp.br)

**Brasil**

### **CONTEÚDO**

Resumo .....	2
Resumen .....	2
Abstract .....	2
1. Introdução .....	3
2. Saneamento básico na literatura e na produção científica .....	3
3. O crônico déficit de saneamento no Brasil .....	5
4. Para mudar o paradigma: tecnologias apropriadas aplicáveis ao saneamento .....	7
4.1. Sistemas condominiais de coleta de esgoto .....	9
4.2. O aguapé como tecnologia de tratamento .....	10
4.3. Estações de tratamento por zonas de raízes .....	10
4.4. Fossa séptica biodigestora .....	11
4.5. Ilhas flutuantes .....	11
5. Considerações finais .....	12
6. Referências .....	13

<sup>1</sup> Professor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

<sup>2</sup> Mestre em Ciência Ambiental pelo Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (Procam/IEE-USP).

<sup>3</sup> Professor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

## RESUMO

A realidade sanitária brasileira é preocupante, com milhões de pessoas sem acesso a serviços de saneamento. Este artigo, de cunho ensaístico e exploratório, recupera parte do debate já centenário no país que articula saneamento e desenvolvimento, e discute, a partir de revisão de literatura, alguns artefatos com características de tecnologia apropriada que oferecem potencial de contribuir para um novo padrão de políticas públicas na área. São enumeradas algumas tecnologias promissoras e de baixo custo que podem, se bem exploradas, contribuir para a superação do histórico déficit de saneamento no Brasil.

**Palavras-chave:** saneamento básico; saneamento ambiental; desenvolvimento; tecnologia apropriada; políticas públicas.

## RESUMEN

La realidad sanitaria brasileña es preocupante, con millones de personas sin acceso a servicios de saneamiento. Este artículo de cuño ensayístico y exploratorio recupera parte del debate ya centenario en el país que articula saneamiento y desarrollo, y discute con base en revisión de literatura algunos artefactos con características de tecnología apropiada que ofrecen potencial para contribuir para un nuevo estándar de políticas públicas en el área. Se enumeran algunas tecnologías promisoras y de bajo costo que, si bien explotadas, pueden contribuir a la superación del histórico déficit de saneamiento en Brasil.

**Palabras clave:** saneamiento básico, saneamiento ambiental, desarrollo, tecnología apropiada; políticas públicas.

## ABSTRACT

Brazilian sanitary reality is alarming, with millions of people without access to sanitation services. This essayistic and exploratory article recovers part of the centennial debate in the country which articulates sanitation and development, and discusses, based on literature review, some artifacts with appropriate technology attributes that can contribute to a new pattern of public policies in the area. Some promising, low-cost technologies are listed which can, if well exploited, contribute to overcoming the historical sanitation deficit in Brazil.

**Key words:** basic sanitation; environmental sanitation; development; appropriate technology; public policy.

## **1. INTRODUÇÃO**

Saneamento básico é, no regramento jurídico brasileiro, o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações para o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem de águas pluviais. Essa é a definição adotada na Lei Federal nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Entendido dessa forma, o saneamento é fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade, com implicações nas condições de moradia, saúde, educação, entre outras. Trata-se portanto de uma agenda transversal no âmbito das políticas públicas.

Neste artigo, saneamento diz respeito especificamente ao abastecimento de água e à coleta e tratamento de esgoto. O objetivo central é apresentar uma série de artefatos, com características de tecnologia apropriada, que podem contribuir para a redução dos problemas de saneamento básico no Brasil. O debate se justifica pela persistência dos problemas de saneamento no caso brasileiro, mas também pela interface do saneamento básico com outros problemas públicos, dentre os quais a educação e o próprio desenvolvimento econômico.

De cunho exploratório e ensaístico, o artigo se organiza em três seções principais, além desta introdução e das considerações finais.

A próxima seção recupera alguns elementos do pensamento do escritor José Bento Monteiro Lobato (1882-1948), um dos primeiros autores brasileiros a defender a necessidade de políticas voltadas ao saneamento. A mesma seção comenta evidências mais recentes, de Eppig et al. (2010), que apontam o saneamento básico como condição necessária ao desenvolvimento cognitivo dos indivíduos e, por seguinte, ao desenvolvimento social e humano da coletividade. A seção 3 expõe o problemático déficit de saneamento que ainda persiste no Brasil e explora as razões para tal. A seção 4, por fim, discute a ideia de tecnologia apropriada e apresenta um levantamento de artefatos baseados nesse tipo de tecnologia capazes de contribuir para a superação do histórico déficit de saneamento.

## **2. SANEAMENTO BÁSICO NA LITERATURA E NA PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

A falta de saneamento é um drama mundial com raízes milenares. A febre tifoide parece ter sido a doença que matou grande parte da população ateniense em 430 a.C., espalhando-se pelo consumo de água e alimentos contaminados. Atualmente, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a maioria das enfermidades que atinge a população mundial ainda é transmitida pela água.

Problema antigo e arraigado no imaginário social, o tema do saneamento se reflete no mundo das artes e da cultura. No Brasil, o escritor José Bento Monteiro Lobato (1882-1948) já intuía há um século os malefícios sociais causados pela falta de saneamento. É o que se vê em “Urupês”,

conto originalmente publicado em 1914<sup>4</sup> (LOBATO, 2012), em que o autor dá vida a Jeca Tatu, um de seus personagens mais conhecidos.

Jeca Tatu é um caipira descalço e de pé rachado, pobre, improdutivo, ignorante e avesso ao trabalho e aos hábitos de higiene. Contradizendo as visões idealizadas ou romantizadas da vida do campo tão comuns no imaginário popular, o personagem denuncia a situação de indigência a que estava relegada grande parte da população rural brasileira. Amarelado e magro, desamparado pelo poder público, o anti-herói está atado a um círculo vicioso de pobreza e doença. Ainda na década de 1910, nos diversos textos posteriores em que Jeca Tatu aparece, Lobato engajará o personagem em causas sanitárias. Sua situação de saúde e sua aptidão para o trabalho serão sensivelmente melhoradas a partir de novos hábitos de higiene, que o tornarão menos suscetível às endemias rurais que estavam na origem de boa parte de seus males. Nestes textos, reconhece-se que as agruras do caipira e sua indolência são consequências da ausência de políticas de saúde e de saneamento básico.

Em outro texto, “Dezessete milhões de opilados”, de 1918, depois de abordar os males que a ancilostomíase (popularmente chamada de amarelão) causa ao corpo, Lobato afirma: “a inteligência do amarelado atrofia-se, e a triste criatura vira um soturno urupê humano, incapaz de ação, incapaz de vontade, incapaz de progresso”. Na descrição dessa triste figura, o autor segue:

“O que nos campos a gente vê, deambulando pelas estradas com ar abobado, é um lamentável naufrago da fisiologia, a que chamamos de homem por escassez de sinóníma. Feiíssimo, torto, amarelo, cansado, exangue, faminto, fatalista, geófago – viveiro ambulante do verme destruidor” (LOBATO, 1957, p.234).

Ainda na mesma crônica, Lobato relaciona as péssimas condições de saneamento e o baixo desenvolvimento econômico do país. Em consequência da “escravização do homem ao verme jaz o país em andrajosa miséria econômica, resultante natural da miséria fisiológica” (LOBATO, 1957, p. 234). Em outras palavras, o brasileiro vitimado pela ausência de saneamento sofre, tem seu corpo mortificado, sua inteligência atrofiada, produz pouco e produz mal.

É interessante que, mesmo há um século, quando a relação entre saneamento e desenvolvimento era um item ainda incipiente, Lobato a tenha inserido em sua literatura. Desde então, a ciência demonstrou que o saneamento de fato tem uma série de interfaces com o desenvolvimento social, econômico, humano e, inclusive, em termos de capacidade cognitiva da população. Eppig et al. (2010), por exemplo, demonstraram a associação entre a distribuição mundial de capacidade cognitiva e a variação na intensidade de doenças infecciosas resultantes da falta de saneamento. Considerando a necessidade energética do cérebro, os autores mostraram a dificuldade do ser humano em formação (criança) de constituir seu cérebro e ao mesmo tempo lutar contra doenças infecciosas, levando em conta que ambos os processos são metabolicamente muito dispendiosos. Diarreias recorrentes, muitas vezes consequência da ausência de saneamento, podem privar o indivíduo da energia necessária para seu pleno desenvolvimento cerebral e

---

<sup>4</sup> Originalmente publicado no jornal O Estado de S.Paulo em 23 de dezembro de 1914, o conto Urupês foi posteriormente incluído em antologia de mesmo nome, publicada em 1918.

cognitivo. A intuição do escritor brasileiro do início do século XX se viu confirmada em termos científicos por resultados de pesquisa rigorosa conduza no início do XXI. Apesar disso, a ausência de saneamento básico continua sendo um problema público no Brasil contemporâneo como o fora na época de Lobato.

### **3. O CRÔNICO DÉFICIT DE SANEAMENTO NO BRASIL**

No mundo, existiam em 2017 mais de 844 milhões de pessoas sem acesso à água potável, ao passo que 2,3 bilhões conviviam com esgotos pela falta de coleta, e 892 defecavam a céu aberto (OMS e UNICEF, 2017), números extremamente expressivos se considerarmos uma população mundial estimada em 7,6 bilhões de pessoas. Esse quadro implica a disseminação das chamadas doenças de veiculação hídrica, em uma relação estreita entre problemas de saneamento básico e de saúde. Cerca de 23% das mortes registradas no mundo podem ser atribuídas a condições ambientais, tais como as condições de higiene e a falta de acesso a serviços de saneamento. Um quarto das mortes de crianças com até 5 anos de idade poderiam ser evitadas apenas com condições de higiene e saneamento adequadas (OMS, 2016).

Nesse quadro internacional, o Brasil não ocupa posição privilegiada. Em 2014, o país aparecia como 112º colocado no quesito saneamento básico, entre 200 países analisados por pesquisa encomendada pelo Instituto Trata Brasil e pelo Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (GARCIA, 2014).

De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 34 milhões de brasileiros (ou cerca de 16% da população) não têm acesso à água potável. Há ainda 100 milhões (50% da população) que não têm seus esgotos coletados. As diferenças regionais indicam um déficit ainda maior no Norte e Nordeste, regiões mais vulneráveis. E mesmo no município de São Paulo, maior cidade e principal polo da economia do país, estimam-se 120 mil pessoas sem acesso à água e 460 mil sem esgoto coletado. Ainda em São Paulo, são despejados diariamente 758 milhões de litros de esgoto in natura nos corpos hídricos do município.

Essa grave situação do saneamento no país, no entanto, não se dá pela inexistência de instrumentos de políticas públicas. Ao contrário, paradoxalmente é possível identificar uma profusão desses instrumentos – entendidos no sentido de Lascoumes e Le Galès (2005), como dispositivos técnicos e sociais que organizam a relação entre governantes e governados –, tanto no que diz respeito à disponibilidade de dados e estatísticas, à destinação de orçamento público, à existência de legislação específica e, por fim, à presença de estruturas organizacionais voltadas ao tema, como secretarias, agências ou empresas públicas atuantes na área.

No que se refere a dados e estatísticas que possam subsidiar a ação, o Brasil dispõe de uma multiplicidade de fontes, com destaque ao Atlas do Esgoto e aos Relatórios Anuais de Conjuntura dos Recursos Hídricos, ambos publicados pela Agência Nacional de Águas (ANA), órgão vinculado ao Ministério do Meio Ambiente. Destaca-se também o já mencionado SNIS, organizado e atualizado anualmente pelo Ministério das Cidades. Além disso, existem as fontes primárias dos

próprios prestadores de serviços do setor (estruturado a partir de agências e empresas públicas estaduais e municipais).

Do ponto de vista legal, entre os instrumentos disponíveis há diversos dispositivos constitucionais, além da Lei Federal nº 11.445/2007, que estabeleceu diretrizes fundamentais para o saneamento, tais como a universalização e a utilização de tecnologias apropriadas. Esta legislação representou um marco institucional importante, abrindo caminho para uma melhor atuação do Estado brasileiro. Entre os compromissos firmados a partir dela, destaca-se a meta de alcançar a universalização do saneamento em todo o território até o ano de 2033, presente no Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) publicado em 2013.

Para além da competência legal, o Estado brasileiro vem também assumindo compromissos políticos no âmbito internacional. Em 2000 o país foi signatário dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), em que se definiu a meta de reduzir pela metade, até 2015, a população sem acesso ao saneamento. Em 2010, o Brasil participou da adoção da Resolução nº 64/292 da Assembleia Geral da ONU, em que o acesso à água potável e os serviços de esgotamento sanitário foram considerados direitos humanos. Em dezembro de 2015, a Assembleia Geral da ONU voltou a reconhecer o saneamento como direito humano fundamental, a partir da Resolução nº 70/169, indicando novo compromisso político do Brasil. E, em setembro de 2015, foram publicados os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), agora com um objetivo específico voltado ao saneamento, o ODS 6: “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos”.

Do ponto de vista das estruturas organizacionais, há no Ministério da Saúde a Fundação Nacional da Saúde, com a competência de contribuir para o acesso ao saneamento sobretudo em áreas rurais e municípios menores; no Ministério das Cidades, a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, principal agente público de nível federal responsável pela promoção do saneamento e pela coordenação da política federal na área; no Ministério do Meio Ambiente, a Agência Nacional de Águas, responsável pela política nacional de recursos hídricos, política setorial com impactos no âmbito do saneamento. Há também o Ministério da Integração Nacional, que desenvolve iniciativas de desenvolvimento regional no Nordeste do país, algumas delas direcionadas ao saneamento; o Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, responsável pelo orçamento e pelas obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) na área de saneamento. Além disso, há agências estaduais, intermunicipais e municipais responsáveis pela regulação da prestação dos serviços, com a incumbência, entre outras, de estabelecer as tarifas a serem cobradas dos cidadãos atendidos.

Finalmente, do ponto de vista orçamentário, considerando apenas recursos federais, nos últimos seis anos (2012-2017) a Lei Orçamentária Anual (LOA) previu investimentos da ordem de R\$ 17,5 bilhões para a expansão da rede de água e coleta e tratamento de esgoto.

Em suma, mesmo com esses instrumentos de ação pública e compromissos legais e políticos, a situação do saneamento básico no Brasil, como visto, pode ser descrita como calamitosa. Para interpretar esse cenário, é importante levar em conta as coalizões locais (estaduais) e nacionais que contribuíram para produzir os instrumentos acima elencados e estruturar

as políticas do setor de saneamento no Brasil. A herança institucional do país está ligada ao Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), instituído em 1969 no auge da ditadura civil-militar de 1964-1985 (TUROLLA, 2002; SAIANI e TONETO JÚNIOR, 2010)

Até a criação do PLANASA, predominavam serviços municipais de saneamento, por vezes operados por empresas privadas, sem um modelo único ou uma política homogênea em termos nacionais. O modelo adotado em 1969, que conferiria as feições atuais do modelo brasileiro de saneamento, caracterizou-se por uma forte centralização nas decisões, financiamento e execução de obras e investimentos, com baixo nível de transparência e de participação social. O modelo se baseava fundamentalmente na atuação das Companhias Estaduais de Saneamento (CESBs), criadas em cada estado da federação para tornarem-se responsáveis pela execução de obras e pela operação dos sistemas. Estas empresas, organizadas na forma de Sociedade Anônima, eram financiadas com empréstimos federais, principalmente do Banco Nacional da Habitação (BNH) e do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS). O modelo era capital-intensivo, em detrimento de tecnologias apropriadas.

Ao ser instituído em 1969, o PLANASA recebeu a ambiciosa meta de, até 1980, atender 80% da população urbana do País com serviços de água e 50% com serviços de esgoto (TUROLLA, 2002). Após um rápido período de auge ainda na década de 1970 – período em que se deu a maior expansão dos índices de acesso aos serviços de saneamento, o modelo PLANASA entra em declínio, em decorrência de restrições financeiras no contexto de crise fiscal do Estado nacional, e extingue-se oficialmente em 1992, no governo Fernando Collor.

O PLANASA pode ser considerado, contudo, o último mecanismo articulado de financiamento e modernização do setor de saneamento no Brasil. Após seu colapso, as burocracias locais e estaduais e as coalizões criadas em função dele persistiram, explicando parcialmente a recrudescência dos problemas de saneamento básico no Brasil. De outro lado, após a extinção do PLANASA em 1992, registrou-se um maior incentivo à participação da iniciativa privada nas decisões, financiamento e provisão de serviços, ainda que mais desarticulado e pontual (SAIANI e TONETO JÚNIOR, 2010). O prognóstico é pouco alentador.

#### **4. PARA MUDAR O PARADIGMA<sup>5</sup>: TECNOLOGIAS APROPRIADAS APLICÁVEIS AO SANEAMENTO**

Resgatar a noção de desenvolvimento de Amartya Sen, permite reforçar a estreita relação entre saneamento e desenvolvimento. Em sua obra “Desenvolvimento como Liberdade”, Sen (2010) explora o conceito de desenvolvimento a partir das condições de vida dos indivíduos e do fortalecimento de suas liberdades. Nesta concepção, a falta de saneamento compromete a liberdade de pensar, de ter saúde, de trabalhar, de estudar.

---

<sup>5</sup> Neste artigo a referência de paradigma é de Surel (1995). Embora se adote essa referência, não se pretende discutir a questão do saneamento à luz dos paradigmas, que pressupõe aprofundamento quanto aos princípios metafísicos gerais; às hipóteses e leis; à metodologia de análise das políticas públicas; aos instrumentos e ferramentas concebidos dos modelos em disputas. Propõe-se apenas o debate preliminar em torno dos instrumentos e ferramentas.



Os indicadores demonstram que, de modo geral, o Brasil ainda tem um longo caminho a percorrer em termos de saneamento básico. Por se tratar de um direito humano fundamental, não há outra situação aceitável que não seja a universalização do acesso. Para tal, é necessário questionar as estratégias que vêm sendo implementadas e a paralisia das políticas da área, caracterizadas na seção anterior.

Apesar do cenário atual e das perspectivas pouco alvissareiras, é possível pensar em soluções capazes de contribuir para a superação do atual quadro. Em particular, existem alternativas baseadas na implementação de tecnologias apropriadas – na contramão do modelo centralizado e baseado em grandes obras que historicamente caracteriza as políticas brasileiras no setor.

O conceito de tecnologia apropriada nasceu na Índia da década de 1920 (DAGNINO et al., 2004), embora a expressão só ganhe força décadas depois. A ideia de tecnologia apropriada surgiu no contexto do movimento de resistência política liderado por Mahatma Gandhi para a libertação da Índia, então colônia britânica, ocasião em que Gandhi passou a propor a substituição de produtos industrializados pela utilização de tecnologias autóctones, facilmente reproduzíveis e sobre as quais a população detinha domínio. A proposta consistia no resgate e melhoramento de técnicas produtivas locais, que propiciassem um crescimento da economia indiana baseado em recursos locais e com menor dependência externa (GANDHI, 1967).

À exceção de algumas aplicações na República Popular da China, durante cerca de 40 anos as ideias de Gandhi tiveram circulação relativamente restrita, e somente na década de 1970 passaram a influenciar o pensamento de estudiosos de política tecnológica, como o argentino, radicado no Brasil, Amílcar Herrera .

É Herrera (1973, 1981) quem cunha a expressão tecnologia apropriada. Para o autor, a tecnologia está diretamente relacionada a um projeto político de sociedade: ela será melhor (mais apropriada) ou pior para a resolução de problemas locais, dependendo do seu grau de endogenia e de utilização de recursos locais. Na mesma época também surgem outras designações que compartilham a mesma ideia central, como tecnologia branda (DICKSON, 1974), tecnologia intermediária (SCHUMACHER, 1973), e, mais recentemente, tecnologia social (DAGNINO et al., 2004). Nas suas diferentes versões, o conceito se aplica a tecnologias ou técnicas produtivas de fácil implantação, que se oferecem como alternativa de baixo custo quando comparadas às tecnologias industriais exógenas intensivas em capital. Tecnologias apropriadas, em suma, são aplicáveis em pequena escala, são facilmente domináveis e transferíveis e não exigem elevado investimento, por utilizarem de forma intensiva mão de obra e recursos locais.

Assim situado o conceito, cabe-nos indagar se a aposta em tecnologias apropriadas para o saneamento básico pode contribuir para alterar o paradigma de ação do Estado brasileiro e contribuir para a melhoria tão urgente dos indicadores brasileiros de saneamento básico.

Andersson et al (2017) estimam que, para atingir a meta de universalização do acesso a saneamento no Brasil em 2030 com as tecnologias e processos tradicionalmente empregadas, seriam necessários investimentos de não menos que US\$ 50 bilhões anuais. Ao mesmo tempo, como mencionado na seção anterior, os recursos anuais que Lei Orçamentária Anual (LOA) vem



destinando ao setor são da ordem de R\$ 17,5 bilhões. Isto indica a pertinência de discutir abordagens inovadoras, com emprego de tecnologias alternativas e mais baratas.

Algumas experiências de implantação desse tipo de tecnologia indicam que essa contribuição é possível. Passamos a abordar alguns exemplos, selecionados por sua relevância e capacidade de contribuir para a melhoria dos indicadores de saneamento no Brasil.

#### **4.1. Sistemas condominiais de coleta de esgoto**

Atualmente, há no Brasil pelo menos dois modelos de coleta de esgoto: o sistema tradicional e o chamado sistema condominial. No sistema tradicional, a empresa de saneamento é responsável por implantar redes coletoras gerais, feitas de manilhas de concreto de grandes dimensões. Em seguida, a empresa faz a ligação de cada residência à rede geral.

O sistema condominial de coleta é mais econômico, podendo gerar redução de até 50% nos custos de instalação, segundo Rissoli et al. (2011). De acordo com Novaes (2007), trata-se de tecnologia criada pelo engenheiro sanitário José Carlos Mello Rodrigues, que começou a ser implantada na década de 1980 na cidade de Natal-RN. Em 2007, já atendia cerca de 5 milhões de pessoas no país, incluindo as capitais de três estados: Salvador-BA, Recife-PE e Belém-PA. No Distrito Federal, onde teve maior difusão, o sistema era na ocasião responsável por 48% das ligações domiciliares.

“Concebido com a finalidade de possibilitar o atendimento pleno da população pelos serviços de saneamento, o sistema condominial combina um conjunto de técnicas de engenharia otimizadoras das estruturas físicas, com um modelo de participação social. Busca a viabilização de soluções por meio da redução de custos e, simultaneamente, da mobilização de recursos e energias da comunidade” (SCARAMUSSA e HENKES, 2014, p.312).

O que diferencia este sistema é que a rede coletora é levada a uma área, mas não alcança todos os quarteirões, nem tampouco recebe as ligações individuais de cada lote. Cabe aos moradores de um conjunto de lotes (um “condomínio”) discutir diferentes alternativas para o trajeto de um ramal coletor local, este sim interligado à rede geral. Possibilidades de instalação são “passar uma rede localizada de pequenas dimensões pelo fundo dos lotes, e aí promover a ligação com cada casa (...) ou cercar a quadra pela frente dos lotes apenas com a rede de menor dimensão e ligá-la em um único ponto à rede geral” (NOVAES, 2007, pág. 2A). O tamanho do condomínio será o adequado para a realização de discussões de forma a permitir a participação de todos na definição do trajeto do ramal local (SCARAMUSSA e HENKES, 2014).

A experiência em diferentes municípios tem demonstrado que a população se organiza para decidir qual o trajeto mais adequado e, em muitos casos, os próprios moradores fazem frente ao custo de implementação de suas redes locais. O sistema permite minimizar a extensão da dispendiosa rede coletora convencional, substituindo-a em cerca de dois terços de sua extensão, por redes coletoras condominiais (RISSOLI et al., 2011). Mais superficiais que as redes convencionais (reduzindo drasticamente a necessidade de obras de escavação e aterro),

constituídos por tubos de pequeno diâmetro (bem mais baratos que as manilhas de concreto das redes tradicionais), os ramais coletores condominiais são aplicáveis em escala local, não exigem elevado investimento e demandam uma técnica construtiva bem mais simples – o que confere ao sistema condominial, ao menos em boa parte, atributos de tecnologia apropriada.

A experiência acumulada sugere a ampla viabilidade desse modelo de coleta com características de tecnologia apropriada, que envolve investimento sensivelmente inferior ao das redes tradicionais e em contrapartida exige organização e mobilização em torno de soluções locais.

#### **4.2. O aguapé como tecnologia de tratamento**

Se para a coleta de esgoto as alternativas se bifurcam entre o tradicional e condominial, para o tratamento os caminhos são mais diversos. Além da alternativa tradicional, há uma gama de tecnologias apropriadas capazes de tratar esgotos principalmente em territórios com baixa densidade populacional.

Na década de 1980, José Lutzenberger, histórico ambientalista radicado no Rio Grande do Sul, mostrou que a planta aquática *Eichhornia crassipes*, conhecida como aguapé, pode ser usada como um potente meio de combate à poluição. Para Lutzenberger (1985), longe de constituir desequilíbrio ecológico (como acusam seus detratores), a proliferação do aguapé em água poluída tende, justamente, a eliminar a causa do desequilíbrio.

O ambientalista explica que as altas cargas orgânicas provenientes dos esgotos domésticos aumentam o que os sanitaristas chamam de demanda biológica de oxigênio (DBO). As bactérias competem com os protozoários, peixes e outros seres pelo oxigênio. Em situação de elevada poluição orgânica, o oxigênio é consumido. Sobram apenas as bactérias anaeróbias – que vivem na ausência de oxigênio –, que produzem substâncias tóxicas e mau cheiro. As estações de tratamento de esgotos costumam agitar violentamente o efluente do esgoto, ou nele introduzir lodo ativado, com o propósito de transferir para a água bactérias aeróbias (que se proliferam na presença de oxigênio). É exatamente isso que faz o aguapé, a um custo muito inferior, ao absorver os sais minerais resultantes da decomposição da matéria orgânica pela microvida que ele abriga. Lutzenberger propõe sistemas de saneamento articulando o sistema de aguapés e paisagismo, e indica como exemplos bairros dos municípios de Pelotas, Torres e Esteio, todos gaúchos.

#### **4.3. Estações de tratamento por zonas de raízes**

Desde meados dos anos 2000, há também experiências de jardins ecológicos em condomínios e em equipamentos públicos, como escolas, que funcionam como pequenas “estações de tratamento de esgoto por zona de raízes”. A pesquisadora Tamara Van Kaick (2002) mostrou como os sistemas de coleta e estações de tratamento de esgoto tradicionais podem ser substituídos por estes sistemas menores e mais flexíveis, desenvolvidos dentro dos princípios da tecnologia apropriada. Kaick (2002) estudou casos em escolas e bairros dos municípios de Foz do Iguaçu, Guaraqueçaba e Morretes, todos paranaenses, além de Campos do Jordão (SP).

As estações de tratamento por zonas de raízes nada mais são do que um sistema que promove um processo de filtração física em brita e areia, associado a um biofiltro proporcionado por plantas que formam uma zona de raízes, aproveitando-se da capacidade de autodepuração da natureza (VAN KAICK, 2002). Isto significa que os esgotos são filtrados pela brita e pela areia, e os resíduos são purificados pelas plantas. Há variações quanto ao padrão construtivo e formas de aplicação, bem como uma variedade de denominações para esta tecnologia: sistema de banhados, wetlands, sistema hidrobotânico, biótopos artificiais, etc. (PAROLIN et al., 2012). As diferentes variantes têm em comum o baixo custo, a simplicidade técnica e a facilidade de transferência, atributos de tecnologia apropriada.

#### **4.4. Fossa séptica biodigestora**

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) dissemina desde 2000 um sistema de fossa séptica biodigestora, que possibilita suprir a ausência de saneamento sobretudo no meio rural. Desenvolvido por Novaes et al. (2006), o sistema se baseia em técnica há muito conhecida: segundo os autores, os primeiros registros de unidades de tratamento de esgoto por biodigestão datam de 1819, em Bombaim, na Índia.

A fossa séptica tradicional, se de um lado evita essa contaminação provocada pelo lançamento de esgotos a céu aberto, de outro não promove a reciclagem dos dejetos, como ocorre na fossa séptica biodigestora. É isto que diferencia o método desenvolvido pela Embrapa: além de tratar o esgoto doméstico, gera um efluente inodoro e rico em nutrientes benéficos às plantas. Este efluente pode ser empregado como adubo orgânico, reduzindo o uso de fertilizantes químicos.

O sistema, descrito também por Galindo et al. (2010), é composto por três caixas subterrâneas de cimento amianto ou plástico, de 1000 litros – facilmente encontradas no comércio local, a baixo custo – conectadas entre si e ao vaso sanitário por tubos de PVC. Uma dessas caixas é preenchida periodicamente com uma mistura de água e esterco bovino que será responsável pelo processo de biodigestão. Trata-se de uma tecnologia apropriada simples, ligada diretamente à tubulação dos vasos sanitários, que purifica a água devolvendo-a limpa aos córregos e rios, além de transformar urina e fezes humanas em adubo orgânico totalmente isento de germes patogênicos.

#### **4.5. Ilhas flutuantes**

As chamadas ilhas flutuantes, ou floating islands, representam mais um exemplo de tecnologia apropriada aplicável ao saneamento, testada e instalada em diversos países, inclusive no Brasil. Trata-se de uma solução baseada no conceito da biomimética (mimetização de ecossistemas naturais).

As “ilhas” são estruturas artificiais em que é possível instalar plantas na lâmina d’água de cursos hídricos. A estrutura pode ser construída de diferentes tipos de materiais e as plantas utilizadas também podem variar, a depender do objetivo da instalação e da oferta disponível em

cada local. Em termos gerais, as ilhas são compostas pela estrutura para boiar, as plantas, as raízes e, em determinados casos, uma âncora.

A principal função dessa tecnologia é purificar a água por meio da capacidade de filtração das plantas instaladas em sua estrutura flutuante. A partir dessa capacidade, uma série de aplicações vem sendo testada, desde despoluição de rios, lagos e reservatórios a sistemas ativos de tratamentos de efluentes domésticos e industriais. O uso pode dar-se tanto em estações de tratamento como de forma independente delas, com benefícios inclusive paisagísticos.

As características das ilhas flutuantes permitem compreendê-las como tecnologia apropriada. Diferentemente das soluções tradicionais de tratamento, as ilhas flutuantes não utilizam produtos químicos, têm baixo custo de instalação e manutenção, não necessitam de grandes estruturas, podendo ser instaladas basicamente em qualquer local e, portanto, permitem a ampliação do acesso ao saneamento de maneira descentralizada, chegando, inclusive, a localidades “esquecidas” pelo poder público e empresas de saneamento, como áreas periféricas e comunidades rurais.

Um desafio técnico consiste na escolha das plantas, considerando as condições tanto da água quanto ao redor do corpo hídrico onde as ilhas serão instaladas. Mallison et al. (2001), por exemplo, analisam cinco tipos diferentes de plantas. Entre as descobertas dos pesquisadores destaca-se a possibilidade de se definir qual o tipo de ilha flutuante segundo a análise da vegetação dominante do ecossistema onde se encontra o corpo hídrico.

A construção da estrutura artificial permite incorporar elementos sociais e ambientais, ao reutilizar materiais recicláveis e ao permitir o envolvimento da comunidade local na construção e manutenção.

Trata-se de uma tecnologia apropriada recente. Em termos científicos, já existem evidências de sua capacidade de purificar a água, aumentando os níveis de oxigênio e diminuindo a carga orgânica. No Brasil, existe uma quantidade significativa de grupos de pesquisa em universidades que se dedicam a investigar e propor soluções do tipo wetlands construídos, sendo uma delas as ilhas flutuantes. Entre eles, encontram-se o Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado, da Universidade Federal de Santa Catarina, formado em 2004, e o Grupo de Pesquisa em Processos Naturais de Tratamento de Águas Residuárias da Universidade Federal de Viçosa, existente desde 2005.

Em termos práticos, as ilhas flutuantes já foram instaladas em diversos locais do mundo, incluindo Filipinas, Índia, China e Brasil. A pesquisa realizada para o presente artigo indicou que o primeiro caso de instalação de ilhas flutuantes no Brasil aconteceu em 2012, realizado pela empresa Água V - Construindo Sustentabilidade em uma propriedade rural privada em Mogi das Cruzes.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A escassez do saneamento básico no Brasil já é debatida há mais de século. Se, de um lado, desde os tempos de Monteiro Lobato já se reconhece a necessidade da universalização do

saneamento como condição necessária ao desenvolvimento cognitivo e humano da população e para o desenvolvimento social e econômico do país, de outro a ação pública no setor não encontrou um paradigma capaz de equacionar o dilema. Resulta curioso, para dizer o mínimo, que a telefonia celular, tecnologia cujo surgimento no país se deu apenas no final da década de 1990, já tenha chegado a mais de 93% dos domicílios (IBGE, 2017), enquanto o acesso ao saneamento esteja tão distante da universalização.

O percurso neste artigo consistiu em, primeiramente, recuperar o pensamento de Monteiro Lobato sobre saneamento e mostrar a sua atualidade, tanto no que se refere à situação calamitosa do Brasil em termos de acesso a saneamento, quanto no que diz respeito ao impacto disso sobre o desenvolvimento pessoal e cognitivo dos indivíduos e sobre desenvolvimento humano e socioeconômico do país.

Em seguida procurou-se expor a trajetória das políticas de saneamento no Brasil ao longo das últimas décadas, caracterizada pela passagem de um modelo fortemente centralizado de financiamento e execução de grandes obras, em direção a políticas desarticuladas e pontuais, apesar da profusão de instrumentos de ação ou política pública à disposição da sociedade. Esta trajetória sugere a urgência de se proporem novos caminhos ou paradigmas de ação pública na área.

Por fim, como proposição de equacionamento, apresentou-se um levantamento de artefatos tecnológicos para a provisão de serviços de saneamento que têm em comum a aplicação dos princípios da tecnologia apropriada. Os exemplos apresentados são apenas algumas entre muitas tecnologias apropriadas, promissoras e de baixo custo que podem, se bem exploradas, fazer parte dos novos caminhos a serem buscados para a superação do histórico déficit de saneamento no Brasil.

## **6. REFERÊNCIAS**

- ANDERSSON, Kim; OTOO, Miriam; NOLASCO, Marcelo (2017). Innovative sanitation approaches to address multiple development challenges. *Water Science & Technology*, no prelo.
- DAGNINO, R.; BRANDÃO, F. C.; NOVAES, H. T. (2004) Sobre o marco analítico conceitual da tecnologia social. In: LASSANCE JR., A. E. et al. (Orgs). *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, p.15-66.
- DICKSON, D. (1974). *Alternative technology and the politics of technical change*. Glasgow: Fontana/Collins.
- EPPIG, Christopher; FINCHER, Corey L.; THORNHILL, Randy (2010). parasite prevalence and the worldwide distribution of cognitive ability. *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 277, n.1701, DOI: 10.1098/rspb.2010.0973, 2010.
- GANDHI, Mahatma (1967). *The gospel of swadeshi*. Bombaim: Bharatiya Vidya Bhavan.
- GARCIA, Fernando (2014). Benefícios econômicos da expansão do saneamento. Relatório de Pesquisa produzido para o Instituto Trata Brasil e o Conselho Empresarial brasileiro para o

- Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Ex-Ante Consultoria Econômica. Disponível em <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/expansao/Beneficios-Economicos-do-Saneamento.pdf> (acesso em 19 fev. 2018).
- GALINDO, Natália; SILVA, Wilson Tadeu Lopes da.; NOVAES, Antonio Pereira; GODOY, Luís Aparecido de; SOARES, Márcia Toffani Simões; GALVANI, Fábio (2010). Perguntas e respostas: fossa séptica biodigestora. Série Documentos n.49. São Carlos: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em <https://www.embrapa.br/instrumentacao/busca-de-publicacoes/-/publicacao/908011/perguntas-e-respostas-fossa-septica-biodigestora> (acesso em 19 fev. 2018).
- HERRERA, Amilcar Oscar (1981). The generation of technologies in rural areas. World Development, Washington, v. 9 n.1, p.21-35.
- \_\_\_\_\_ (1973). La creación de tecnología como expresión cultural. Nueva Sociedad, Santiago, n 8-9, p. 58-70.
- IBGE (2017). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. Disponível em: [https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa\\_resultados.php?id\\_pesquisa=149](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=149) (acesso em 26 fev. 2018).
- LASCOURMES, Pierre e LE GALÈS, Patrick (2005). Conclusion: De l'innovation instrumentale à la recomposition de l'Etat. In: Gouverner par les instruments, Presses de Sciences Po, p. 357-370.
- LOBATO, José Bento Monteiro (2012). Urupês. In: Urupês. Rio de Janeiro: Editora Globo.
- \_\_\_\_\_ (1957). Dezesete milhões de opilados. In: Problema vital. São Paulo: Brasiliense.
- LUTZENBERGER, José (1985). Ecologia: do jardim ao poder. Porto Alegre: L&PM Editores.
- MALLISON, Graig T.; STOCKER, Randall K.; CICHRA, Charles E. (2001). Physical and vegetative charecteristics of floating islands. Journal of Aquatic Plant Management, vol.39, p.107-111.
- NOVAES, Antonio P.; SIMÕES, Marcelo L.; INAMASU, Ricardo Y.; JESUS, Elpmir A.P de.; MARTINETO, Ladislau; SANTIAGO, Gilberto; SILVA, Wilson T.L. (2006). Saneamento básico na área rural. In: SPADOTTO, Claudio; RIBEIRO, Wagner (Org.). Gestão de resíduos na agricultura e na agroindústria. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, p. 262-275.
- NOVAES, Washington (2007). Para apressar as redes de esgotos. O Estado de S.Paulo, 31/08/2007, pág. A2.
- OMS (2016). Preventing disease thrrough healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. Genebra: Organização Mundial da Saúde, 2016. disponível em [www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/) (acesso em 19 fev. 2018).
- OMS; UNICEF (2017). Progress on drinkinh water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines. Genebra: Organização Mundial da Saúde; Fundo das Nações Unidas para a Infância. Disponível em [https://www.unicef.org/publications/index\\_96611.html](https://www.unicef.org/publications/index_96611.html) (acesso em 19 fev. 2018).

- PAROLIN, Mauro; CRISPIM, Jefferson de Queiroz; VAN KAICK, Tamara Simone (2012). Tratamento de esgoto por zona de raízes: análise e eficiência. Revista GEOMAE, Campo Mourão, vol. 3 n.1, p.45-57.
- RISSOLI, César Augusto; NEDER, Klaus Dieter; MARTINS, Maria Martinele Feitosa (2011). Sistemas condominiais de esgotamento sanitário: uma visão geral do processo. Brasília: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal.
- SCARAMUSSA, Solange Mara; HENKES, Jairo Afonso (2014). A utilização do sistema condominial de esgotamento sanitário para universalização do atendimento com redes de esgotos: o exemplo clássico do Distrito Federal. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v.3 n.1, p.310-339.
- SAIANI, Carlos César Santejo; TONETO Júnior, Rudinei (2010). Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004). Economia e Sociedade, Campinas, v.19 n.1 (38), p.79-106.
- SCHUMACHER, E. F. (1973). Small is beautiful: technology as if people mattered. Londres: Blond and Briggs.
- SEN, Amartya (2010). Desenvolvimento como liberdade. São Paulo: Companhia das Letras.
- SUREL, Yves (1995). Les politiques publiques comme paradigmes. In: FAURE, Alain; POLLET, Gilles; WARIN, Philippe. La construction du sens dans les politiques publiques. Débats autour de la notion de référentiel. Paris: L'Harmattan.
- TUROLLA, Frederico A. (2002). Política de saneamento básico: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas. Brasília: IPEA. (Textos para Discussão, n. 922).
- VAN KAICK, Tamara Simone (2002). Estação de tratamento de esgotos por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná. Dissertação (Mestrado em Tecnologia), Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba.