

Como definir qual sistema de tratamento de esgoto adotar? Unifamiliar ou coletivo?

How to determine which sewage treatment system to adopt? Individual or collective?



- **Data de entrada:**
01/08/2023
- **Data de aprovação:**
11/08/2023

Adriano Luiz Tonetti^{1*} | Isabel Campos Salles Figueiredo¹ | Maria Eduarda Pereira de Almeida¹ | Vanessa Mariano Rosa¹

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2024.046>

ORCID ID

Tonetti AL  <https://orcid.org/0000-0003-0910-401X>
Figueiredo ICS  <https://orcid.org/0000-0003-0940-0556>

Almeida MEP  <https://orcid.org/0000-0002-0057-6187>
Rosa VM  <https://orcid.org/0009-0003-9278-2571>

Resumo

Segundo o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) (Brasil, 2021b), a partir da densidade demográfica de 605 hab/km², soluções coletivas de coleta de resíduos sólidos têm maior efetividade que as individualizadas. Tonetti *et al.* (2022) constataram que uma distância acima de 76 m entre residências torna o sistema unifamiliar de tratamento de esgotos mais viável do que o coletivo. Logo, neste trabalho foram comparadas essas metodologias, verificando que um sistema unifamiliar será mais adequado que o coletivo para a coleta e tratamento do esgoto, quando a densidade demográfica ficar abaixo de 693 hab/km², ou quando houver uma distância entre residências maior que 76 m. Também devemos considerar nessa tomada de decisão: o local da estação de tratamento de esgoto e do lançamento ou infiltração de seu efluente; o tipo de sistema de tratamento escolhido; os aspectos legais; e a gestão da tecnologia adotada. Assim, teremos sistemas sustentáveis e perenes que contribuirão para a universalização do saneamento no Brasil.

Palavras-chave: Saneamento. Descentralizado. Rural. Unifamiliar. Coletivo.

Abstract

According to the National Program for Rural Sanitation (PNSR) (BRASIL, 2021b), from a population density of 605 inhabitants/km² upward, collective solutions for solid waste collection would be more effective than individualized ones. Tonetti et al. (2022) found that a distance greater than 76 m between residences makes the individual sewage treatment system more viable than the collective approach. Therefore, this study compared these methodologies, finding that an individual system would be more suitable than the collective one for sewage collection and treatment, when the population density is below 693 inhabitants/km² or when the distance between residences is beyond 76 m. We should also consider in this decision-making process: the location of the sewage treatment station and of the discharge or infiltration of its effluent; the type of chosen treatment system; legal aspects; and the management of the adopted technology. Thus, we will have sustainable and enduring systems that contribute to the universalization of sanitation in Brazil.

Keywords: Sanitation. Decentralized. Rural. Individual. Collective.

¹ Universidade Estadual de Campinas – Campinas – São Paulo – Brasil

* **Autor correspondente:** tonetti@unicamp.br

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que cerca de 2,3 bilhões de pessoas no mundo ainda enfrentam a falta de acesso a práticas adequadas de esgotamento sanitário, com uma significativa disparidade entre a realidade das áreas urbanas e rurais (WHO/UNICEF, 2017). De acordo com dados divulgados por WHO/UNICEF (2015), cerca de sete em cada dez dessas pessoas residem em áreas rurais, o que evidencia ainda mais a desigualdade no acesso ao saneamento básico.

Essa também é a realidade do Brasil, pois cerca de 54,4 milhões de brasileiros não possuem acesso adequado à coleta e ao tratamento de esgoto. Nas áreas rurais, a inexistência de banheiros ou sanitários é três vezes maior que quando comparado às áreas urbanas (Brasil, 2021a).

Nestas circunstâncias, os sistemas descentralizados se apresentam como uma alternativa para o tratamento de esgoto (Tonetti *et al.*, 2018a). Em sua implantação são aplicadas técnicas adequadas para a realidade rural, podendo ser adaptadas de acordo com a demanda de cada residência ao se avaliar os critérios sociais, econômicos e ambientais (Bieker; Cornel; Wagner, 2010).

De acordo com os resultados de estudo da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), os sistemas descentralizados são apropriados para comunidades de baixa densidade pois se mostram mais econômicos que os sistemas centralizados (Massoud *et al.*, 2009), visto que a maior parte dos gastos está associada à unidade de tratamento (Hong *et al.*, 2005). No entanto, ainda é muito difícil o desenvolvimento de estimativas de custo para esses sistemas de coleta e tratamento de esgoto (Massoud *et al.*, 2009).

No Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) (Brasil, 2019a) há uma proposta de reclassificação dos setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). No estudo está apontado que os setores onde a densidade

demográfica for inferior a 605 habitantes/km² e em cujo entorno exista, pelo menos, um setor censitário de mesma natureza serão considerados rurais. Isso porque provavelmente não seriam caracterizados por construções, arruamentos e intensa ocupação humana ou áreas afetadas por transformações decorrentes do desenvolvimento urbano (Brasil, 2019b). A metodologia do PNSR levou à reclassificação de mais de dez milhões de habitantes que passariam a residir em áreas rurais que antes eram consideradas áreas urbanas pelo IBGE.

Para o PNSR, os setores censitários com densidade demográfica superior a 605 hab/km² pertencem a um aglomerado de domicílios. Nesse caso, no tocante aos resíduos sólidos, apresentariam um maior potencial de atendimento por solução coletiva, que corresponde à coleta porta a porta (Brasil, 2021b). Nesse aglomerado ainda ocorreria uma baixa densidade demográfica, pois haveria uma média de dois a três domicílios por quarteirão (10.000 m²) (Brasil, 2021b). No entanto, o PNSR não apresenta discussão semelhante no que concerne à coleta e tratamento de esgoto. Logo, não há uma indicação a partir de qual densidade populacional passaria a ser mais interessante a adoção de um sistema coletivo ou unifamiliar.

Nesse ponto, Tonetti *et al.* (2022) constatou que a partir de uma distância média de 76 m entre as residências um sistema unifamiliar de tratamento de esgotos sempre será mais economicamente viável do que um sistema coletivo. Os autores fizeram um estudo de custo a partir do emprego de um sistema unifamiliar, composto pela associação de tanque séptico e sumidouro, e de um sistema coletivo, que adotou um arranjo tecnológico composto da associação de tanque séptico, filtro anaeróbio e o lançamento em um corpo hídrico. Foram avaliados sistemas unifamiliares que tratam o esgoto doméstico de uma residência com quatro moradores e sistemas coletivos com até 1.000 habitantes (250 residências com

quatro moradores). Em todos os casos, os autores incluíram os custos de abertura de valas, assentamentos dos tubos, instalação de poços de visita e construção dos reatores.

Dessa forma, o presente trabalho se propõe a realizar uma comparação entre as metodologias propostas pelo PNSR (Brasil, 2021a) e Tonetti *et al.* (2022) quanto a definição do uso de sistemas unifamiliares e coletivos. Com isso, espera-se contribuir para uma tomada de decisão mais sustentável no que diz respeito ao sistema de coleta e tratamento de esgotos a ser empregado em comunidades rurais ou descentralizadas.

2 METODOLOGIA

No presente estudo será realizada uma análise comparativa de duas propostas, que buscam caracterizar uma área rural frente a alternativas de gestão da coleta e tratamento de esgoto e resíduo sólido. Para isso serão comparadas as propostas do Programa Nacional de Saneamento Rural, no qual há uma discussão dos aspectos conceituais da ruralidade no Brasil e das interfaces com o saneamento básico (BRASIL, 2021a), com aquela desenvolvida por Tonetti *et al.* (2022), na qual os autores concluíram que a partir de uma distância média de 76 m entre as residências um sistema unifamiliar de tratamento de esgotos sempre será mais viável que um sistema coletivo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando consideramos a distância média de 76 m entre as residências e cada uma ocupada por quatro pessoas (Tonetti *et al.*, 2022) temos que a densidade populacional será de 693 hab/km² (Figura 1). Em densidades abaixo desse valor, a construção dos sistemas unifamiliares sempre seria mais viável economicamente que dos coletivos (Tonetti *et al.*, 2022). É importante destacar que Tonetti *et al.* (2022) fez um estudo avaliando a questão da coleta e tratamento de esgoto ao comparar uma gestão unifamiliar com a coletiva.

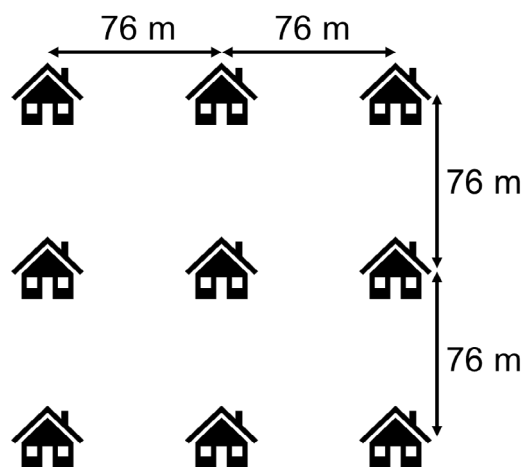


Figura 1 – Determinação do número de casas distantes 76 m entre si e presentes numa dada área.

Esse resultado é apenas 15% superior ao proposto no Programa Nacional de Saneamento Rural (Brasil, 2021b), no qual há a indicação de que a partir da densidade demográfica de 605 hab/km² as soluções coletivas de coleta de resíduos sólidos teriam maior potencialidade que as individualizadas.

O PNSR (Brasil, 2021b) expõe uma densidade relacionada à ruralidade e à coleta de resíduos sólidos, na qual a partir de 605 hab/km² seria mais indicado o uso de um caminhão para realizar a coleta porta a porta. De certo modo, no presente artigo está sendo feito uma comparação onde as formas de obtenção dos valores de referência foram bastante diferentes e até mesmo com objetivos distintos, mas os dados encontrados foram muito próximos entre si. Isso pode ser um indicativo de que tanto a coleta de esgoto feita por uma rede coletora coletiva como a coleta de resíduos sólidos porta a porta podem ter um valor para a tomada de decisão muito próximo. Logo, a forma de gestão para a coleta desses resíduos poderia ser definida a partir de valores únicos.

De forma mais conservadora, poderíamos escolher o valor apontado por Tonetti *et al.* (2022) (693 hab/km²), o qual acaba sendo superior ao apontado pelo PNSR (Brasil, 2021b) (605 hab/km²). Assim,

abaixo dessa densidade seria mais viável uma gestão unifamiliar, não sendo indicada a adoção de uma rede coletora de esgoto ou de veículos para o transporte de resíduos.

No entanto, a apresentação dos resultados deve levar em conta uma fácil aplicação para os tomadores de decisão quanto à escolha da melhor forma de gestão. Seguir pelo caminho da avaliação em uma dada área poderá ocasionar na “diluição” de alguns sistemas coletivos onde há agrupamentos com distintas densidades (Figura 2).

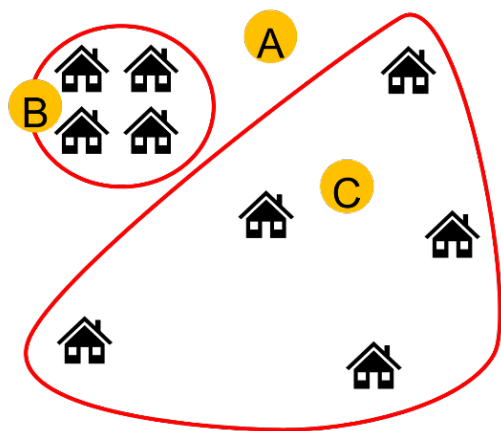


Figura 2 – Área total avaliada (A); Área mais densa (B) e Área menos densa (C).

Outra questão importante é a determinação prática dessa densidade em uma área determinando como ela poderia ser mensurada por uma pessoa que deverá fazer uma escolha entre o sistema unifamiliar e o coletivo. Por exemplo, como determinaríamos a densidade do arruamento apresentado na Figura 3? Será que nesse exemplo não seria mais simplificado fazer uma medição em campo da distância entre essas residências? Isso não simplificaria a tomada de decisão quanto a forma de tratar o esgoto ou coletar o resíduo sólido nesses locais? No caso, bastaria o uso de uma trena para a medição.

Essa medida deve levar em conta que os moradores das áreas rurais brasileiras que ainda demandam soluções para o saneamento são, em sua maioria, carentes, possuindo escasso acesso a sistemas informatizados ou programas sofisticados de georreferenciamento que avaliem a ocupação de dada região. Do mesmo modo, os municípios que demandam investimento nesse tipo de infraestrutura também possuem grande possibilidade de não terem entre seus servidores pessoas capacitadas para uma tomada de decisão que exija um conhecimento técnico mais avançado.



Figura 3 – Exemplo de distribuição de habitações numa área rural.

Neste caso, uma simples medição da distância entre as residências poderia ser um grande simplificador da tomada de decisão (Figura 4). Essa poderia partir de uma dada residência e seguir para a mais próxima, e assim sucessivamente. A partir da superação da distância de 76 m proposta por Tonetti *et al.* (2022), seria avaliado se essa residência mais distante poderia fazer parte do núcleo habitacional quanto à instalação da rede coletora de esgoto. Logo, ela poderia ser parte desse, fazer parte de outro aglomerado ou coletar e tratar seu próprio esgoto e gerenciar seu resíduo sólido.

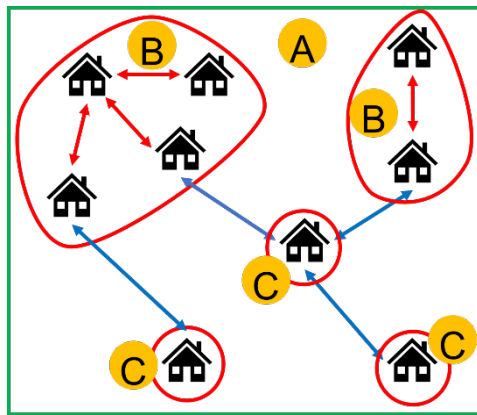


Figura 4 – Avaliação da distância entre as residências. Área total avaliada (A); Área mais densa (B) e Área menos densa (C).

No exemplo apontado na Figura 4 poderíamos constatar que em uma dada área rural seria mais interessante a formação de um sistema semicoletivo de tratamento de esgoto para um conjunto de residências (B), enquanto para outras seria mais econômico a adoção de um sistema unifamiliar (C), onde cada família teria seu próprio sistema de coleta e tratamento.

Nessa avaliação, que não usa uma densidade limite, seria possível considerar nas medições de campo a presença de obstáculos que dificultariam a construção de uma rede coletora. Por exemplo, poderia ser constatado que em um local onde há

uma proximidade propícia a um sistema coletivo existe um solo rochoso ou um corpo hídrico que dificultaria a passagem de uma tubulação ou demandaria a construção de uma estação elevatória de esgotos (Figura 5). Neste caso, seria mais interessante que uma das residências (D) ficasse isolada desse aglomerado e passasse a ser responsável pela sua própria coleta e tratamento.

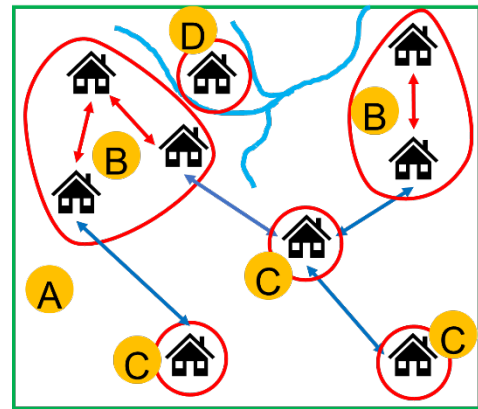


Figura 5– Área D isolada do sistema B devido a presença de um corpo hídrico.

É importante destacar que a avaliação apresentada no presente trabalho não pode ser definitiva, devemos incluir outros parâmetros para a tomada de decisão. Diversos aspectos não abordados devem influir na escolha da gestão, principalmente quando envolverem sistemas coletivos. Por exemplo, onde locar a estação de tratamento de esgoto? Será que o proprietário do lote onde estaria a cota mais favorável para a instalação do sistema de tratamento cederia parte de seu terreno para um benefício sanitário coletivo? Será que o município ou o estado deveria adquirir esse lote? Definida a locação, qual seria o melhor sistema de tratamento de esgoto a ser aplicado para um conjunto de residências? Será que o tanque séptico seria ideal? Haveria a necessidade de um filtro anaeróbio? Como seria a gestão do lodo? O UASB ocuparia um pequeno espaço, mas demandaria uma gestão do lodo com maior frequência. Além disso, qual seria o pós-tratamento do UASB? Um Filtro Biológico

Percolador? A vazão seria suficiente para girar o braço de distribuição do efluente sobre seu leito? Uma alternativa seriam os leitos alagados construídos (wetlands), mas quem se responsabilizaria pela poda e destino do material gerado?

Além de tudo isso, onde seria lançado o efluente também é uma questão. Esse lançamento exigiria uma vazão suficiente no corpo hídrico para garantir a adequada diluição e atendimento à legislação brasileira CONAMA 357 (Brasil, 2005). Talvez, em função do medo das cheias, dificilmente moradores rurais



têm suas casas próximas a grandes corpos hídricos, tendendo a construir as residências próximas a pequenos riachos, brejos ou nascentes que dificultarão o lançamento direto do efluente (Figura 6).

Por sua vez, a infiltração demandaria uma grande área. Saber se esta área estaria disponível e se o solo e a profundidade do lençol freático seriam adequados para a infiltração são pontos importantes, juntamente com a definição de quem faria a avaliação do teste de percolação indicado pela norma brasileira NBR 13969:1197 (ABNT, 1997).



Figura 6 – Residência isolada que possui uma área alagada ao fundo.

Também devemos considerar que havendo a viabilidade da rede coletora, os moradores tenderão a lançar todo o efluente produzido na residência, ou seja, haveria menor possibilidade da separação da água cinza da água do vaso sanitário. Isso acarretaria uma maior dificuldade do uso dos nutrientes e água presente nas águas cinzas, além de exigir reatores com maiores dimensões para o tratamento do esgoto.

Outro aspecto diz respeito à gestão desses sistemas, pois os moradores dificilmente teriam interesse em realizá-la. Caso haja o pagamento a algum morador para executar essa atividade, ele seria questionado a respeito de outros problemas

operacionais onde deve haver a atuação do próprio usuário, como por exemplo o entupimento de tubos no interior do lote e transbordamento da caixa de gordura. Também poderia passar a existir “ciúme” pela renda e uma exigência que iria além de suas funções.

Por fim, devemos avaliar a partir de qual número de residências seria viável um sistema coletivo. Mesmo estando a uma distância inferior a 76 m, será que seria sempre viável um sistema coletivo? Não seria mais adequado que na existência de poucas casas houvesse a priorização de sistemas unifamiliares? Nesse caso, não haveria a necessidade de um ente externo incumbido pela operação

do sistema nem o risco de ocorrência de conflito entre moradores por problemas relacionados à má operação da rede e gestão de uma única e pequena estação de tratamento.

Na definição da forma de gestão do sistema de tratamento também deverão ser considerados os aspectos legais, por exemplo a partir da associação de qual número de residências passa a existir a necessidade de um licenciamento ambiental para a construção de rede coletora e sistema de tratamento de esgoto.

Na CONAMA 237 (Brasil, 1997) está estabelecido que a estação de tratamento de esgoto sanitário é um empreendimento sujeito ao licenciamento ambiental. Mas no Artigo 1º da CONAMA 377 (Brasil, 2006) está descrito que ficam sujeitos a *procedimentos simplificados de licenciamento ambiental* as unidades de transporte e de tratamento de esgoto sanitário de pequeno e médio porte. Uma estação é considerada de pequeno porte se a vazão nominal de projeto for menor ou igual a 50 L/s ou com capacidade para atendimento de até 30.000 habitantes, a critério do órgão ambiental competente.

No Estado de São Paulo, de acordo com o Artigo 57 do Regulamento da Lei Estadual 997 (1976), aprovado pelo Decreto 8.468 (São Paulo, 1976) e com suas alterações, estão sujeitas ao licenciamento ambiental, entre outras, as seguintes fontes de poluição: sistemas autônomos públicos ou privados de armazenamento, afastamento, tratamento, disposição final e reúso de efluentes líquidos, *exceto implantados em residências unifamiliares*.

Logo, juntando algumas poucas casas passaria a existir um sistema coletivo de coleta de esgoto com sua estação de tratamento. Nesse caso, haveria a necessidade de solicitar um caro licenciamento ambiental, mesmo que simplificado?

Segundo Tonetti *et al.* (2018a), para o órgão licenciador do estado de São Paulo, a Companhia de

Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), ainda se mantém a tradicional dicotomia: solução unifamiliar *versus* sistema coletivo. O primeiro não se submete ao licenciamento, mas no caso do sistema coletivo a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) proposta deve atender aos padrões de emissão e de qualidade, classificação legal e legislações específicas. A implantação desses sistemas irá demandar uma análise de cada caso concreto, não havendo normativa que indique o número mínimo de residências para se considerar coletivo um sistema de coleta, afastamento e tratamento de esgotos domésticos (Tonetti *et al.*, 2018a).

Todos esses questionamentos complicadores poderiam interferir na escolha do sistema coletivo, mas o sistema unifamiliar não sofreria qualquer influência. Logo, podemos ter a segurança da viabilidade de sistemas unifamiliares onde a distância entre as residências supera 76 m. Nessa situação, o morador instalaria a tecnologia dentro de seu próprio lote e infiltraria o efluente nessa mesma região, em um local mais favorável. Devido à grande distância entre as residências é esperado que exista uma grande disponibilidade de área para a disposição final do efluente por meio da infiltração.

Além do mais, esse efluente poderia ser separado na fonte de geração, ou seja, poderíamos ter a água proveniente do vaso sanitário separada daquela produzida em pias e chuveiros (águas cinzas) (Figueiredo *et al.*, 2019a). Tal medida poderia simplificar o sistema de tratamento de esgoto e até mesmo propiciar o uso desse efluente de forma segura (Figueiredo *et al.*, 2019a).

Cabe destacar que os autores do presente artigo não acreditam que a fossa tradicional seja sempre uma tecnologia inadequada, havendo um histórico de conhecimento popular a respeito de sua construção e operação (Figueiredo *et al.*, 2019b). Assim, mesmo não estando presente em normas técnicas, ela poderá ser adequada quando: respeitar uma distância mínima entre o fundo da fossa e o lençol

freático; estiver a uma distância mínima do poço ou nascente; respeitar as características construtivas de acordo com as condições do terreno; ter um rodízio operacional para recuperação de sua capacidade de recebimento de efluente; possuir laje de fechamento construída em concreto armado; e for dotada de uma abertura de inspeção com tampão de fechamento hermético (Figueiredo *et al.*, 2019b).

Nesse ponto caberia discutir quem seria o responsável pela construção do sistema unifamiliar: o morador, uma empresa ou o município. Qual material utilizar na construção: plástico, tijolos ou concreto? Devemos ter em mente a grande distância de muitas propriedades rurais em relação a empresas produtoras de artefatos de concreto, o que encareceria a construção de sistemas feitos com eles. Além disso, a topografia do terreno das propriedades rurais poderia impedir a circulação de caminhões com guindaste (tipo *Munck*) para a instalação de pesados anéis de concreto.

Além do que, quem faria o teste de estanqueidade nesses tanques construídos com concreto? Haveria disponibilidade de água suficiente para sua realização em um curto período? Lembremos que a água potável nas propriedades rurais normalmente é proveniente de nascentes e poços caipiras com baixas vazões.

Por sua vez, o uso de reatores confeccionados em material plástico ou fibra de vidro reforçada ainda traz muita desconfiança. Há no mercado uma grande diversidade de tecnologias que, segundo seus fabricantes, possuem grande capacidade de tratamento do esgoto, mesmo com baixos tempos de detenção hidráulica. Mas, qual ente externo garante essa eficiência? Quem garante que o lodo gerado é estabilizado?

Além dessas questões, outro grande problema que envolve a escolha de sistemas unifamiliares seria a gestão de inúmeros unidades de tratamento de esgoto, ou seja, numa mesma área poderíamos ter uma grande quantidade de tanques sépticos

atendendo a moradias unifamiliares. Mas como exigir que o morador rural cumpra com a rotina anual da cara remoção do lodo por meio de caminhões limpa fossa (Tonetti *et al.*, 2018b)? Como saber se esse morador tem condições de avaliar se o sistema de infiltração do efluente (vala de infiltração ou sumidouro) está funcionando adequadamente, não havendo a colmatação do solo e o afloramento de efluente?

Não podemos permitir que a gestão seja exclusivamente da família que possui o sistema, mas deve existir uma entidade que se responsabilize pela averiguação da construção e operação de toda a estrutura utilizada, além de levar educação sanitária e ambiental a essa população. Essa construção e monitoramento também não deverá ser exclusivo dessa entidade, sendo os moradores corresponsáveis. Somente com tal ação poderemos ter sistemas perenes e sustentáveis por longos períodos, impedindo que investimentos vultuosos sejam gastos sem um efetivo cumprimento de seus objetivos.

Logo, devemos buscar tecnologias simplificadas e robustas, que sejam fáceis de serem construídas e ao mesmo tempo exijam um mínimo de atenção em sua operação.

Podemos constatar ao longo da leitura do presente texto que no saneamento rural ainda há muitas dúvidas no tocante aos aspectos construtivos das tecnologias cabíveis de serem usadas, além de muita desorientação quanto à sua gestão. Tal situação é fruto de décadas de abandono do setor rural frente a esse problema, que criou uma cultura na qual o saneamento deve ser responsabilidade do próprio morador, o qual não precisa receber qualquer amparo do estado.

Para que consigamos a almejada universalização do saneamento, devemos buscar o aumento da salubridade na área rural. Esse objetivo somente será atingido com investimentos substanciais em obras estruturais e estruturantes e no aporte

de recursos em pesquisas voltadas para o saneamento rural ou descentralizado. Além disso, deve existir uma cooperação entre todos os envolvidos com o tema, indo desde a universidade desenvolvedora e melhoradora de tecnologias aos órgãos estatais envolvidos diretamente com a atividade de saneamento rural, passando também por organizações não governamentais e empresas do setor. Somente assim atingiremos o objetivo de levar um saneamento adequado a área rural, de forma perene e sustentável.

4 CONCLUSÃO

Podemos escolher a densidade populacional de 693 hab/km² como delimitadora para a adoção de um sistema unifamiliar ou coletivo para a coleta e tratamento do esgoto. Abaixo dessa densidade seria mais viável o sistema unifamiliar, e acima passaria a ser mais interessante o coletivo, no qual haveria a instalação de uma rede coletora.

No entanto, para facilitar a tomada de decisão dos atuantes no setor do saneamento rural, em vez de utilizarmos de uma densidade populacional como forma de escolha da gestão do sistema, é sugerido o uso da distância de 76 m entre as residências. Abaixo dessa distância seria mais viável o sistema coletivo, e acima passaria a ser mais interessante o individual.

Na avaliação dessa gestão não devemos nos deter somente a distância entre as residências ou a densidade populacional, mas também considerar a localização da estação de tratamento de esgoto, o sistema de tratamento adotado, o local de lançamento ou infiltração do efluente, os aspectos legais e a gestão da tecnologia adotada.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (processos 88887.856539/2023-00 e 88887.703767/2022-00) e ao CNPq (processo 308496/2021-3) pelas bolsas de mestrado e doutorado recebidas e a Fapesp

(Processo 2017/07490-4) pelo Auxílio à Pesquisa. Também agradecemos à Pró Reitoria de Extensão e Cultura (ProEC) da Unicamp pelos recursos financeiros destinados ao Projeto Saneamento Rural (<https://www.fecfau.unicamp.br/~saneamento-rural/>) e a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) pelas visitas técnicas a sistemas descentralizados.

6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores participaram da conceitualização, metodologia, investigação e redação. Aquisição de financiamento: Tonetti A. L.

7 REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60 p.
- BIEKER, S.; CORNEL, P.; WAGNER, M. Semicentralised supply and treatment systems: integrated infrastructure solutions for fast growing urban areas. **Water Science & Technology**, London, v. 61, n. 11, p. 2905-2913, 2010. <https://doi.org/10.2166/wst.2010.189>
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. **Diário Oficial da União**, n. 247, Seção 1, p. 30841-30843. 1997.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº377, de 9 de outubro de 2006. Dispõe sobre licenciamento ambiental simplificado de Sistemas de Esgotamento Sanitário. **Diário Oficial da União**, n. 195, Seção 1, p. 56. 2006.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, n. 053, p. 58-59. 2005.
- BRASIL. **Programa Nacional de Saneamento Rural**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), 2019a. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/501>. Acesso em: 21 fev. 2024.
- BRASIL. **Programa Nacional de Saneamento Rural**: aspectos conceituais da ruralidade no Brasil e interfaces com o sanea-

mento básico. Brasília, DF: Fundação nacional da Saúde (FUNASA). 2019b. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/670>. Acesso em: 21 fev. 2024

BRASIL. **Programa Nacional de Saneamento Rural: Eixos estratégicos – Matrizes tecnológicas**. Brasília, DF: Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), 2021a. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/669>. Acesso em: 21 fev. 2024

BRASIL. **Programa Nacional de Saneamento Rural Estudo das necessidades de investimentos em saneamento rural no Brasil**. Brasília, DF: Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), 2021b. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/665>. Acesso em: 21 fev. 2024.

FIGUEIREDO, I. C. S.; DUARTE, N. C.; COASACA, R. L. et al. Águas cinzas em domicílios rurais: separação na fonte, tratamento e caracterização. **Revista DAE**, São Paulo, v. 67, p. 141-156, 2019a. <https://doi.org/10.4322/dae.2019.061>

FIGUEIREDO, I. C. S.; MIYAZAKI, C. K.; MADRID, F. J. P. L. et al. Fossa absorvente ou rudimentar aplicada ao saneamento rural: solução adequada ou alternativa precária?. **Revista DAE**, São Paulo, v. 67, p. 87-99, 2019b. <https://doi.org/10.4322/dae.2019.057>

HONG, S. W., CHOI, Y. S., KIM, S. J., KWON, G. Pilot-testing an alternative on-site wastewater treatment system for small communities and its automatic control. **Water Science and Technology**, London, v. 51, n. 10, p. 101-108, 2005. <https://doi.org/10.2166/wst.2005.0356>

MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NASR, J. A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. **Journal of Environmental Management**, Amsterdam, v. 90, n. 1, p. 652-659, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.07.001>

SÃO PAULO. Decreto nº8.468, de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, p. 4. 1976.

TONETTI, A. L.; BRASIL, A. L.; MADRID, F. J. P. L. et al. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Campinas: Biblioteca Unicamp, 2018a. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1cO4nMVULSRQstTNco5EP-V3dWYH43-0n/view>. Acesso em: 21 fev. 2024.

TONETTI, A. L.; DUARTE, N. C.; FIGUEIREDO, I. C. S.; BRASIL, A. L. Alternativas para o gerenciamento de lodo de sistemas descentralizados de tratamento de esgotos de áreas rurais. **Labor e Engenharia**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 145-152, 2018b. <https://doi.org/10.20396/labore.v12i1.8649680>

TONETTI, A. L.; FIGUEIREDO, I. C. S.; MADRID, F. J. P. L. et al. Cost confrontation study for decentralized wastewater treatment: When to adopt a cluster or onsite system?. **International Journal of Environmental Science and Technology**, Tehran, v. 19 p. 3529-3538, 2022. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03327-w>

WHO/UNICEF – WORLD HEALTH ORGANIZATION/UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. **Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines**. Geneva: WHO Press, 2017. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/258617>. Acesso em: 21 fev. 2024.

WHO/UNICEF – WORLD HEALTH ORGANIZATION/UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. **Progress on sanitation and drinking water – 2015 update and MDG assessment**. Geneva: WHO Press, 2015. Disponível em: https://apps.who.int/iris/handle/10665/177752?search-result=true&query=Progress+on+sanitation+and+drinking+water&scope=&rpp=10&-sort_by=score&order=desc. Acesso em: 21 fev. 2024.