

TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO SANEAMENTO BÁSICO DAS ÁREAS RURAIS NO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

**TECNOLOGY USE BASIC SANITATION IN RURAL ÁREAS OF BRAZIL:
SYSTEMATIC REVIEW**

TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO SANEAMENTO BÁSICO DAS ÁREAS RURAIS NO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

TECHNOLOGY USE BASIC SANITATION IN RURAL ÁREAS OF BRAZIL: SYSTEMATIC REVIEW

Paulo Fortes Neto¹ • Marcos Roberto Furlan²
Yasmin Nogueira Costa³ • Valter José Cobo⁴
Isabella Perondi Fortes⁵

Data de recebimento: 30/09/2024

Data de aceite: 08/11/2024

¹ Formado em Agronomia pela Universidade de Taubaté (UNITAU), mestre em Microbiologia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo. Atua como docente e pesquisador na graduação e pós-graduação e coordenador adjunto dos Programas de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e do Programa de Pós-Graduação em Ecodesenvolvimento e Gestão Ambiental e do Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde.

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5837-8450>.

E-mail: paulo.fortes@unitau.br

² Possui graduação em Agronomia, mestrado em Agronomia (Horticultura) e doutorado em Agronomia (Horticultura), sendo as titulações obtidas na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. É docente e pesquisador na graduação e membro do mestrado em Ciências Ambientais e do mestrado e doutorado em Ciências da Saúde da UNITAU. É Conselheiro do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de São Paulo (CREA-SP).

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8853-6736>.

E-mail: marcos.furlan@unitau.br

³ Possui graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade de Taubaté (UNITAU). Mestrado em andamento em Ciências Ambientais pela UNITAU. Tem experiência na área de Ciências Ambientais.

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0004-7987-0996>.

E-mail: yasmin.ncosta@hotmail.com

⁴ Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Metodista de Piracicaba, mestrado e doutorado em Ciências Biológicas (Zoologia) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. É professor docente e pesquisador na graduação e no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU).

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4937-3057>.

E-mail: vjcobo@unitau.br

⁵ Advogada (OAB/ SP) e Bacharel em Direito pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (São Paulo).

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0006-9912-8769>.

E-mail: iperondifortes@gmail.com

RESUMO

A pesquisa tem como objetivo verificar a situação do saneamento rural e levantar quais são as tecnologias utilizadas para melhorar o saneamento básico na área rural. Para responder aos objetivos foi realizada uma revisão sistemática utilizando o Google Acadêmico como base de dados de um período de busca de cinco anos, utilizando como unitermos as expressões “saneamento ambiental rural”, “saneamento rural no Brasil” e “saneamento básico rural do Brasil”. Foram considerados apenas artigos que analisaram a situação do saneamento básico em diferentes localidades do Brasil. Como principais resultados verificou-se que, na maioria das áreas rurais, os serviços de saneamento básico são precários e apresentam indicadores inferiores no abastecimento de água, na rede coletora de esgoto e na coleta de resíduos sólidos domiciliares, quando comparados com áreas urbanas. Como consequência desse quadro se verifica maior ocorrência de doenças na área rural, principalmente às relacionadas à qualidade da água. Como exemplo de soluções são citadas a implantação de módulo de fossa verde, tanque séptico, zonas de raízes, fossa séptica biodigestora e biodigestores. Porém, pode-se concluir que essas tecnologias alternativas para o saneamento básico ainda encontram dificuldades para serem implantadas nas comunidades rurais.

Palavras-chave: Tratamento de esgoto; Saneamento rural; Comunidade rural.

ABSTRACT

The research aims to verify the situation of rural sanitation and raise what are the technologies used to improve basic sanitation in rural areas. To answer the objectives, a systematic review was carried out using Google Academic as a database of a five-year search period, using as unitermos the expressions "rural environmental sanitation", "rural sanitation in Brazil" and "rural sanitation of Brazil". Only articles that analyzed the situation of basic sanitation in different locations in Brazil were considered. As main results, it was found that in most rural areas, the basic sanitation services are precarious and have lower indicators in water supply, sewage collection network and collection of household solid waste, when compared with urban areas. As a consequence of this picture, there is a greater occurrence of diseases in rural areas, especially those related to water quality. As an example of solutions are mentioned the implementation of green trench module, septic tank, root zones, biodigester and biodigesters. However, it can be concluded that these alternative technologies for basic sanitation still find difficulties to be implemented in rural communities.

Keywords: sewage treatment; rural sanitation; rural community.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico é definido como o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar níveis de salubridade ambiental, por meio do abastecimento de água potável; coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos; controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural (CARCARÁ et al. 2019). Apesar da sua importância o acesso ao saneamento básico é marcado por desigualdades: entre as regiões do Brasil, entre estados de uma mesma região, entre municípios dentro de um mesmo estado, entre municípios pequenos e grandes municípios, entre ricos e pobres, entre brancos e negros, entre rural e urbano (ARRUDA & HELLER, 2022; BORGES & NETO, 2023; FERREIRA et al. 2023).

Estas desigualdades é o resultado do modelo de gestão implantado sob a lógica de autossustentação tarifária, regionalização, ganhos de escala e subsídios cruzados, que priorizaram os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no centro das áreas urbanas, a despeito das áreas suburbanas e rurais (HELLER, 2007). Isto ocorre devido à alta concentração de residências na área urbana, enquanto na área rural elas estão isoladas e dispersas o que dificulta a construção de redes coletoras de abastecimento e esgotamento sanitário e estação de tratamento do esgoto (CASTRO, et al. 2023). Apesar das populações rurais terem direito ao saneamento assegurado

por leis, o meio rural brasileiro ainda se encontra carente de infraestruturas que garantam esse saneamento e muitas pessoas ainda não possuem orientação sobre como se dá a contaminação da água e as suas consequências para saúde humana e animal (DORNFELD et al., 2018).

De acordo com o BRASIL (2019), nas áreas rurais, 24 milhões (59,5%) de pessoas não possuem atendimento adequado no abastecimento de água, 22 milhões (79,42%) não contam com cobertura adequada de serviço de esgotamento sanitário e 30 milhões (76,6%) não têm acesso à coleta adequada de resíduos sólidos.

A falta de investimentos do setor de saneamento básico no território rural, expõe a população a uma maior incidência de infecções fecal-oral, infecções por helmintos e doenças transmitidas por insetos e animais vetores (WHO, 2017). Estudo realizado por SILVA et al (2020), constataram que a prevenção de doenças de veiculação hídrica está associada à quantidade de domicílios atendidos pela rede coletora de esgotos e ao número de domicílios atendidos com água tratada e encanada.

Diante do exposto, o objetivo foi reunir por meio de uma revisão sistemática as pesquisas relacionadas ao saneamento básico no meio rural brasileiro. Pretendeu-se destacar os impactos desses serviços na saúde da população brasileira e os impactos ambientais causados pela ausência ou inadequação desses serviços, bem como verificar se as pesquisas levantadas propõem alternativas para mitigá-los.

METODOLOGIA

Para o alcance do objetivo desta pesquisa, optou-se pelo método de revisão sistemática, pois ela possibilita identificar as melhores evidências e sintetizá-las. De acordo com Sampaio e Mancini (2007), uma revisão sistemática é uma forma de pesquisa que adota como fonte de dados a literatura sobre determinado tema e disponibiliza um resumo das evidências relacionadas, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca.

O levantamento da revisão foi realizado na base de dados do *Google Acadêmico* e *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e Portal Periódico CAPES. Como critério de inclusão foram considerados o período de seis anos e apenas as pesquisas que avaliaram o saneamento básico no meio rural brasileiro. Foram utilizados os seguintes termos/descriptores: “saneamento ambiental rural”, “saneamento rural no Brasil” e “saneamento básico rural no Brasil”.

Como o objetivo foi selecionar apenas artigos direcionados à relação do saneamento básico no meio rural os operadores booleanos, “and” e “or” foram utilizados para combinação dos descritores para rastreamento das publicações. Por fim, a busca nas referidas bases de dados citadas acima foi realizada a partir das seguintes combinações: (Saneamento AND básico AND rural); (Saneamento AND ambiental AND rural) e (Saneamento AND básico OR urbano). Esta busca foi realizada no mês de abril de 2024.

No levantamento para efeito da seleção de artigos para análise, foi utilizado como critérios de exclusão: livros ou capítulos de livros, dissertações, teses, monografias de trabalho de conclusão de curso, revisões e textos de sites. Após a inserção dos termos/descriptores na base de dados, deu-se início a leitura dos títulos e resumos dos artigos encontrados, com intuito de selecionar os que mais adequavam aos critérios de inclusão pré-estabelecidos e temática do presente estudo.

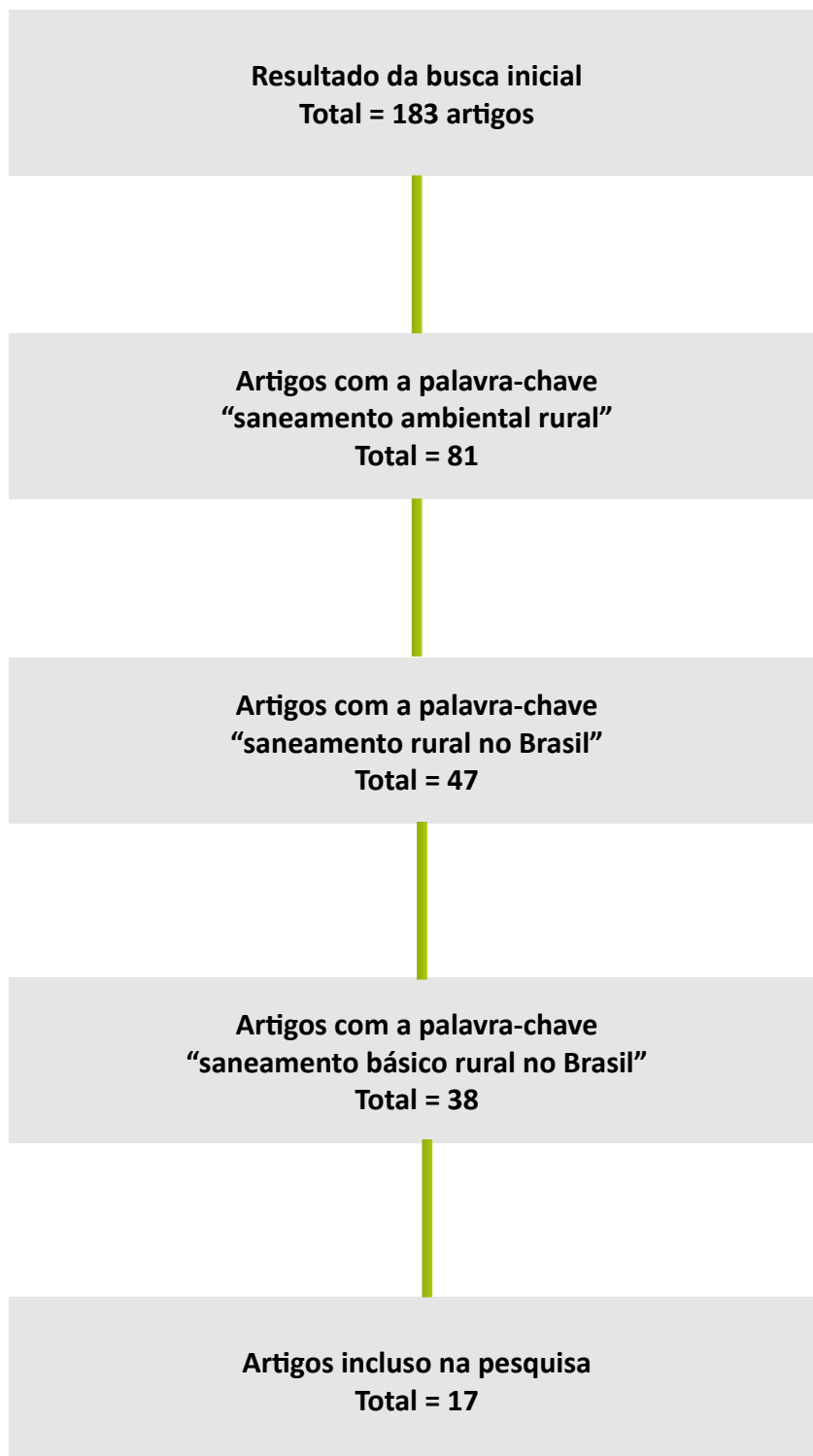
Foram definidos como critérios de inclusão: artigos de pesquisa aplicada (estudos de campo, ensaios, intervenção, levantamentos, analíticos), publicados e disponíveis integralmente dentro do período de 2018 a 2022, sendo escritos em inglês ou português e que abordassem o objeto de estudo. Após a seleção, foi realizada a leitura na íntegra dos textos selecionados para prosseguir com o desenvolvimento do trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fluxograma apresentado na Figura 1 sintetiza os resultados da pesquisa sistemática que inicialmente por meio dos descritores combinados com os operadores booleanos, identificou 183 produções científicas. Em seguida, com o refinamento dos critérios de exclusões, restaram 166 produções para análise mais detalhada onde foi realizada leitura criteriosa dos resumos, metodologia em cada um dos estudos selecionados e foi constatado inclusão de 17 publicações que atenderam rigorosamente à seleção da amostra previamente estabelecida.

Após a seleção das publicações, procedeu-se à leitura dos 17 artigos na íntegra, a partir dos quais foram analisados conforme os termos/descriptores propostos na busca das bases de dados do *Google Acadêmico e Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e Portal Periódico CAPES. A síntese desses artigos científicos selecionados com os nomes dos autores/ano de publicação, título do artigo, objetivo e tipo de estudo, estão apresentados na Tabela 1.

Figura 1 | Fluxograma de escolha dos artigos.



Fonte: Autores (2024).

Tabela 1 | Distribuição dos artigos selecionados conforme os temas/descriptores da busca na base de dados do Google Acadêmico.

Número	Autor/ano	Título	Objetivo	Tipo de estudo
1	Dornfeld et al. (2018)	Saneamento básico e questões ambientais em assentamento rural no noroeste paulista	Analisar a visão dos assentados, moradores de um assentamento rural no Noroeste Paulista, sobre aspectos da atual estrutura sanitária e ambiental.	Quantitativo
2	Resende et al. (2018)	Saneamento rural no contexto brasileiro	Verificar a situação acerca do saneamento básico no Brasil, com ênfase no saneamento rural.	Quantitativo
3	Coelho et al.(2018)	Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil	Avaliar 70 unidades módulos de fossa verde instalados no semiárido brasileiro e inclui teste de qualidade sanitária dos vegetais cultivados, proposta de dimensionamento, taxa de acumulação do lodo produzido e avaliação do tempo de manutenção do sistema	Quantitativo
4	Chaves et al.(2019)	Avaliação do desempenho de uma tecnologia apropriada para o saneamento rural	Apresentar os resultados operacionais de uma tecnologia apropriada de tratamento de esgoto doméstico projetada para atender a uma família de 3 a 4 pessoas, analisando suas eficiências de remoção para DQO, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, sólidos suspensos e fósforo.	Quantitativo
5	Ferreira et al. (2019)	Saneamento rural no planejamento municipal: lições a partir do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR)	Analisar se a perspectiva de integração de papéis dos diversos atores locais (usuários, técnicos e gestores) nos serviços de saneamento, desenvolvida no âmbito do PNSR, favorece o seu protagonismo e se os instrumentos de educação e participação social, defendidos pelo Programa	Qualitativo
6	Buguelli & Felício (2019)	Saneamento rural: a experiência da implementação de uma tecnologia de saneamento no Assentamento Nova São Carlos (São Carlos-SP)	Documentar as etapas envolvidas na implementação de uma tecnologia de saneamento em um assentamento de reforma agrária da cidade de São Carlos (SP).	Quantitativo
7	Simonato et al. (2019)	Saneamento rural e percepção ambiental em um assentamento rural - São Paulo - Brasil	Analisar as questões referentes ao saneamento básico e a percepção ambiental de assentados rurais do Assentamento Estrela da Ilha – Ilha Solteira – São Paulo.	Quantitativo

8	Castro et al. (2021)	Índice de desenvolvimento humano em municípios que possuem sistema integrado de saneamento rural: uma análise comparativa	Investigar o desenvolvimento humano de oito municípios cearenses rurais que possuem o Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR) e 170 que não o possuem.	Quantitativo
9	Gontijo et al. (2020)	Saneamento rural: uma abordagem da comunidade de Amadeu Lacerda, Divinópolis-MG	Analisar os serviços de saneamento da comunidade rural de Amadeu Lacerda no município de Divinópolis, MG,	Qualitativo e Quantitativo
10	Cruz et al. (2020)	Estudo comparativo das condições de saneamento rural em municípios do norte e nordeste brasileiro	Comparar a situação do saneamento básico com os índices de saúde pública nas áreas rurais das cidades de Xique-Xique (BA), Valença (BA) e Conceição do Araguaia (PA).	Qualitativo
11	Silva, et al. (2020)	Saneamento básico e doenças de veiculação hídrica: Um estudo da comunidade quilombola de remanso, Lençóis (BA).	Investigar os fatores que tornam os seus moradores mais susceptíveis a contrair a esquistossomose	Quantitativo
12	Vitor et al. (2021)	Saúde e saneamento no Brasil: uma revisão narrativa sobre a associação das condições de saneamento básico com as doenças de veiculação hídrica.	Apresentar a relação entre as condições de saneamento básico no Brasil com as doenças de veiculação hídrica.	Qualitativo
13	Silva & Pincanço (2021)	Visão Geral sobre as Tecnologias Sustentáveis do Saneamento Rural no Tratamento de Esgotos Sanitários no Brasil Entre 2008 E 2018	O objetivo do trabalho visa apresentar algumas alternativas sustentáveis para evitar que o esgoto bruto seja lançado diretamente no corpo hídrico receptor.	
14	Maia et al. (2022)	Acompanhamento de um projeto social em tratamento de esgoto na comunidade de Pirocaba, Abaetetuba/PA	Acompanhar a execução de um projeto social para formar multiplicadores em práticas de saneamento rural, voltado para o tratamento de esgoto.	Qualitativo e Quantitativo
15	Norberto (2022)	Desafios do saneamento básico rural no cenário da reforma agrária.	Avaliar a situação do saneamento básico no Acampamento Egidio Brunetto I.	Qualitativo
16	Silva Filho et al. (2022)	Análise dos indicadores de saneamento básico e seus impactos sobre a saúde pública e coletiva em Aparecida de Goiânia, Goiás	Analisar o complexo panorama entre a saúde pública e o saneamento básico em Aparecida de Goiânia	Qualitativo e Quantitativo
17	Cardoso et al. (2022)	Tanque Séptico de Bombonas: Um Sistema Individual de Esgotamento Sanitário	Orientar futuras replicações do sistema de tanque séptico de bombonas para residências com até 5 moradores em regiões sem esgotamento sanitário adequado.	Quantitativo

Fonte: Autores (2024).

Para fins de organização e melhor forma de analisar e discutir os dados sobre as principais informações acerca dos objetos de estudo dos artigos científicos evidenciados nesta revisão, os resultados referentes ao conteúdo encontrado foram divididos nas seguintes categorias temáticas: Situação do saneamento na área rural; Saneamento básico na área rural, Saneamento básico na área rural e a ocorrência de doenças e a ocorrência de doenças e Propostas de soluções para o saneamento na área rural.

SITUAÇÃO DO SANEAMENTO NA ÁREA RURAL

Os artigos analisados evidenciam a situação precária do saneamento básico nas áreas rurais do Brasil (DORNFELD et al., 2018, VITOR et al., 2021, NOBERTO, 2022). Estudos realizados por Resende et al (2018) constataram que mais de 23 milhões de pessoas que residem em áreas rurais não possuem tratamento de esgoto e 25% de sua população vive em extrema pobreza. De acordo com Castro et al (2021), as áreas rurais estão longe da meta de universalização nacional dos serviços de saneamento básico, pois apresentam indicadores para o abastecimento de água, rede coletora de esgoto e serviço de coleta de resíduos sólidos domiciliares sempre inferiores aos observados nas áreas urbanas.

Isto ocorre porque nas comunidades rurais, as questões geográficas, as limitações para o acesso à população e dispersão das habitações, uso de tecnologias não convencionais para prestação dos serviços, e desafios relativos à gestão, como a prestação de assistência técnica, além do menor nível socioeconômico da população, impõem limitações para a implementação das estruturas de saneamento (CRUZ et al., 2020).

Esta situação vem ocasionando a contaminação da água no território rural, pois a alternativa adotada na maioria dos casos é captação da água por meio de poços cavados ou artesianos, com o lençol freático muitas vezes contaminados por substâncias orgânicos ou inorgânicos e organismos patogênicos que não são percebidos pelos moradores. O outro fator, é o uso de fossas rudimentares, construídas em locais inadequados e ou de forma incorreta, vem colocado em risco a qualidade da água, tornando-a imprópria para consumo humano e animal (DORNFELD et al., 2018; CRUZ et al., 2020; CASTRO et al., 2021).

A precariedade do saneamento básico rural está diretamente relacionada à carência de infraestruturas sanitárias adequadas para realidade local e a orientação para capacitar os membros da comunidade na construção e manutenção de tecnologias adaptadas aos recursos social, econômico e ambiental da comunidade rural. Além disso, muitas comunidades rurais ainda não possuem orientação sobre a forma de contaminação da água e suas consequências para saúde humana e animal (DORNFELD et al., 2018, BUGUELLI & FELICIO, 2019; SIMONATO et al. 2019).

Os estudos realizados até o momento têm revelado que os problemas sanitários e ambientais estão relacionados à desigualdade social e a ausência dos serviços de infraestrutura básica nas regiões rurais, pois os sistemas de saneamento básicos municipais não estão preparados para o atendimento dos moradores das áreas rurais (DORNFELD et al., 2018; CRUZ et al., 2020; CASTRO et al., 2021; VITOR et al., 2021; NOBERTO, 2022).

SANEAMENTO BÁSICO NA ÁREA RURAL E A OCORRÊNCIA DE DOENÇAS

O saneamento básico tem influência na maior ou menor incidência de propagação de doenças, pois parte-se do pressuposto de que um dos mais importantes fatores determinantes de saúde são as condições ambientais onde os indivíduos estão inseridos. Neste sentido o saneamento é uma importante medida para a prevenção de doenças e, conseqüentemente, elevação da expectativa de vida dos indivíduos que vivem no meio rural (SIMONATO et al. 2019; SILVA et al., 2020).

Vários autores têm verificado que a falta de uma infraestrutura sanitária e de orientação da comunidade explicando sobre os riscos da captação de água e do despejo de esgoto de forma inadequada no meio ambiente tem elevado a ocorrência de doenças nas comunidades do meio rural (SIMONATO et al., 2019; CRUZ et al., 2020; SILVA, et al., 2020). Simonato et al. (2019), em um levantamento realizado com as famílias do assentamento Estrela da Ilha, no município de Ilha Solteira, Estado de São Paulo, concluíram que a deficiência de saneamento básico aumentou significativamente a proliferação de doenças como diarreia, esquistossomose, cólera, leptospirose, leishmaniose, hepatite A, febre tifoide e dengue.

Ainda segundo Simonato et al. (2019), a realidade da pequena comunidade Estrela da Ilha ilustra a falta de investimento e interesse público em promover ações e políticas públicas voltadas para saúde e qualidade de vida das populações rurais, o que levanta uma reflexão sobre o estudo

em questão, como é importante conhecer a realidade das comunidades rurais brasileiras. Em um outro estudo, realizado por Cruz et al (2020) nos municípios de Valença e Xique Xique, na Bahia e Conceição do Araguaia no Estado do Pará, demonstrou que os índices de mortalidade infantil foram superiores à média nacional e teve relação com o baixo percentual de população com acesso ao esgotamento sanitário.

Silva et al. (2020) analisaram a relação entre saneamento básico e doenças de veiculação hídrica na comunidade quilombola de Remanso, no município de Lençóis, no Estado da Bahia e constataram que a pobreza material da comunidade, ausência de qualquer estrutura de atenção básica, número reduzido de agentes de saúde, associada à precariedade das condições sanitárias, notadamente no que se refere à destinação dos efluentes sanitários, foram os fatores que, contribuíram para aumentar a contaminação de esquistossomose na população local e também em turistas nos pontos de banho do Rio Santo Antônio que passa pela comunidade. Outro fator que contribui foi a naturalidade com que os moradores convivem com esse risco, fato que não os motiva a alterar os seus hábitos cotidianos no que se refere ao seu relacionamento com o rio contaminado com ovos de *Schistosoma mansoni* e caramujo do gênero *Biomphalaria*.

Em um estudo de revisão bibliográfica sobre “Saúde e saneamento no Brasil”, Vitor et al. (2021) observaram que há uma relação direta entre as doenças de veiculação hídrica e as condições de saneamento básico, principalmente em cidades do interior do país, como aquelas situadas nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, onde as doenças como amebíase, ascaridíase, esquistossomose, cólera, giardíase e hepatite, que são transmitidas por via fecal-oral ou pela ingestão de água contaminada foram as mais predominantes. Este comportamento também foi evidenciado numa comunidade isolada por Silva Filho et al. (2022) em que as doenças mais comuns entre os participantes da comunidade que não tem coleta de esgoto no domicílio, foram a ascaridíase e as infecções intestinais.

Estes resultados revelam o quanto o saneamento básico é importante no meio rural para prevenção das doenças e conseqüentemente, elevação da expectativa de vida dos indivíduos nas comunidades rurais.

PROPOSTAS DE SOLUÇÕES PARA O SANEAMENTO NA ÁREA RURAL

Quando se pretende abranger o desenvolvimento de produtos, técnicas e metodologias que contribuam para a transformação social da comunidade no meio rural, é fundamental que a tecnologia social a ser trabalhada no saneamento básico, seja simples, eficaz e de baixo custo, para que o acesso a comunidade seja amplo e para que os próprios beneficiados possam cuidar de sua instalação e manutenção (BUGELLI & FELÍCIO, 2019).

Com base nestes princípios as tecnologias alternativas para o tratamento do esgoto, baseadas em sistemas simplificados e sustentáveis, estão cada vez mais ganhando uma vasta aplicabilidade para o esgotamento sanitário em comunidades isoladas, uma vez que estão apresentando uma series de vantagens, inclusive sobre os sistemas convencionais, por apresentar baixos custos de implantação, de operação e de manutenção e ainda de envolver a participação da comunidade na construção do sistema de tratamento (BUGELLI & FELÍCIO, 2019). Outras vantagens destas tecnologias é que elas utilizam meios naturais no processo, não necessitam de mão de obra especializada, de materiais com custo elevado, de materiais industrializados, materiais químicos, e ainda pode apresentar baixo custo energético (SILVA & PINCANÇO, 2021).

A esse respeito Silva & Pincanço (2021) realizando um levantamento sobre as tecnologias aplicadas no tratamento de esgoto sanitário na zona rural, constaram a predominâncias dos seguintes sistemas: módulo de fossa verde, tanque séptico, zonas de raízes e fossa séptica biodigestora.

A tecnologia conhecida como módulo de fossa verde consiste na construção de uma vala de alvenaria impermeabilizada, com dimensões variáveis, apresentando uma estrutura interna em forma de câmara, onde ocorre a deposição do lodo. Essa câmara é construída com tijolos furados, por onde o esgoto é direcionado e, em seguida, passa a escoar para a parte externa dessa estrutura, preenchida por camadas de materiais porosos que servem como filtro, tais como entulho, casca de coco e material terroso, e depois são cultivadas as plantas. Para que ocorra a drenagem, os furos dos tijolos ficam inclinados em um ângulo de aproximadamente 30° (COELHO et al., 2018).

O tanque séptico é formado por uma câmara cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal que armazena o esgoto por um determinado tempo, para que possa proporcionar uma sedimentação do material sólido e a flutuação de gorduras e óleos. Os sólidos sedimentados formam

o lodo do tanque, alojando os microrganismos que são os responsáveis pela degradação da matéria orgânica do esgoto. O esgoto tratado que sai do tanque séptico deve receber um tratamento complementar, podendo ser com sistemas alagados construídos, filtro anaeróbio, filtro de areia (CARDOSO et al., 2020).

O sistema de zona de raízes é utilizado apenas para o tratamento da água cinza, proveniente da máquina de lavar, chuveiro, lavatório e pias, consiste na construção de um tanque de água de 1.000 L com diâmetro interno médio de 1,35 m, preenchido com cascalho de diâmetro efetivo (d10) de 7,85 mm, coeficiente de uniformidade de 1,44 e porosidade de 0,45. E após a construção do tanque são plantadas espécies vegetais naturais de áreas de várzeas como *Canna x generalis*, *Coix lacryma-jobi*, *Dioscorea spp* e *Zingiber officinale* (CHAVES et al., 2019).

Uma das tecnologias mais citadas na área de saneamento rural no Brasil para tratar o esgoto do vaso sanitário é a fossa séptica biodigestora, desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), como um dos sistemas alternativos de tratamento de efluentes mais difundidos atualmente no país. Estima-se que cerca de 11.000 unidades já tenham sido instaladas em mais de 250 municípios brasileiros, predominantemente na região Sudeste (FERREIRA et al., 2019; MAIA et al., 2022). O sistema é construído com três caixas d'água de polietileno semienterradas com capacidade de 1.000 L (0,80 m de altura e 1,48 m de diâmetro na base), conectadas em série. As caixas possuem tampa do tipo rosqueável, que permite uma boa vedação sem deformação. As conexões entre as caixas foram feitas com tubulação de PVC de 100 mm, seguindo as orientações propostas pela Embrapa (SILVA & PINCANÇO, 2021).

Esses estudos revelaram que para determinar qual ou quais as tecnologias deveriam ser utilizadas para o tratamento do esgotamento sanitário nas áreas rurais, é necessário fazer uma análise química do efluente para se determinar a carga orgânica e determinar a vazão do efluente para depois dimensionar e avaliar se as tecnologias precisam ou não de tratamento complementar para melhorar a eficiência do tratamento. Outra observação importante é que essas tecnologias ainda encontram dificuldades para se integrarem e alcançarem a vida cotidiana da população rural (CASTRO et al., 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados pode-se concluir que:

A situação do saneamento básico na área rural ainda continua insuficiente sem redes coletoras de água e esgoto e sistema de tratamento de efluente sanitário quando comparado com a situação do saneamento na área urbana.

Devido à falta de conhecimento e de tecnologias apropriadas para o tratamento de esgoto os efluentes sanitários são despejados nos cursos hídricos e elevando a sua contaminação com organismos patogênicos e comprometendo a saúde dos moradores das comunidades rurais e dos turistas que visitam as áreas naturais.

Das tecnologias pesquisadas para o tratamento do esgoto foi possível verificar que a fossa séptica biodigestora, apesar de atender um número limitado de comunidades está sendo a mais utilizadas para tratar os efluentes sanitários gerados na área rural brasileira.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, A. E.; HELLER, L. Access to water and sewage in urban occupation in the Metropolitan Region of Belo Horizonte: effects on health, quality of life, and gender relations. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, v. 32, n. 2, p. Disponível em: e320204, 2022.

BORGES, M. F. M. R.; NETO, S. R. DE M. The human right to basic sanitation, gender inequalities, and ANA's reference norms. *Revista de Direito Setorial e Regulatório*, v. 9, n. 1, p. 476–493, 2023. Disponível em: [https:// https://orcid.org/0000-0003-3977-0187](https://orcid.org/0000-0003-3977-0187).

BUGELLI, C. B.; FELÍCIO, J. D. Rural sanitation: the experience of implementing a sanitation technology in the Nova São Carlos settlement (São Carlos-SP). *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 15, n. 35, p. 1-14, 2019. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/7698>

BRASIL. Ministry of Health. National Health Foundation. National Rural Sanitation Program / Ministry of Health, National Health Foundation. – Brasília: Funasa, 2019. 260 p. Available at: http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf

CARCARÁ, M.S.M.; SILVA, E.A.; MOITA NETO, J.M.; Basic sanitation as human dignity: between the existential minimum and the reserve of the possible *Revista da Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, n. 3, p. 1-8, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/6jszjffmQtkmPhmpzWvKF5t/?format=pdf&lang=pt>

CARDOSO, J.P.; FONSECA, B.R.; SANTOS, E. Septic Tank of Barrels: An Individual Sanitary Wastewater System. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego. Campos dos Goytacazes/RJ*, v.16, n.12022, p. 2-22, 2022. Disponível em: [https:// 10.19180/2177-4560.v16n12022p02-22](https://10.19180/2177-4560.v16n12022p02-22)

CASTRO, L.A.; TALEIRES, F.C.S.S.; SILVEIRA, S.S. Human development index in municipalities with an integrated rural sanitation system: a comparative analysis. *Ciência & Saúde Coletiva*, 26(1):351-357, 2021. Disponível em: [http://dx.doi.org: 10.1590/1413-81232020261.24452018](http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232020261.24452018)

CASTRO, C. N.; CEREZINI, M. T. Rural sanitation in Brazil: Is universalization possible? Texto para Discussão, No. 2875, 69p, 2023. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, Disponível em: <https://doi.org/10.38116/td2875-port>

CHAVES, V.T.; TOMAZ, F.A.; CONTRERA, R. C. Evaluation of the performance of an appropriate technology for rural sanitation. *Revista DAE*, v. 67, n. 220, 2019. Edição especial. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/doc.2019.063>.

COELHO, C.F.; REINHARDT, H.; ARAÚJO, J. C. Green pit as a component of rural sanitation for the semi-arid region of Brazil. *Revista Engenharia Sanitária Ambiental* [online], v. 23, n. 4, p.801-810, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018170077>

CRUZ, I.S.; SILVA, A.; REIS, E.O.; SANTOS, S.D.; GARCIA, E.D. Comparative study of rural sanitation conditions in municipalities in northern and northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Development*. v.6, n.8, p. 54988 – 54006, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdr6n8-061>

DORNFELD, C. B.; LEITE, M. A.; MARÓSTICA, M. S.; QUEIROZ, T. V.; FERREIRA, E. M.S.; MARTINS, F. L. Basic sanitation and environmental issues in a rural settlement in northwestern São Paulo. *Saúde e Meio Ambiente: revista interdisciplinar*, v. 7, n. 2, p. 1-19, 2018. Disponível em: <http://www.periodicos.unc.br/index.php/sma/article/view/1551>.

FERREIRA, G. H. C.; ALMEIDA, D.L.; SIQUEIRA, D.L.; FERREIRA ALVES, R.F. Access to household sanitation in Minas Gerais: an analysis of regional inequalities.. *Confins - Revista franco-brasileira de geografia*, n. 58, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.50249>

FERREIRA, L.A.F.; RIBEIRO, P.S.C.; ANDRADE, I.C.M.; GUIDES, R.M.; SANTOS, L.O.L.; CRUZ, L.M.O.; SANTOS, M.R.R.; REZENDE, S. Rural sanitation in municipal planning: lessons from the National Rural Sanitation Program (PNSR). *Revista DAE*, São Paulo, Edição Especial, v. 67, n. 220, p. 36-51, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.054>

GONTIJO, H. M.; RAMOS, Alisson Martins; ÂNGELO, Francisco Almeida. Rural sanitation: an approach to the community of Amadeu Lacerda, Divinópolis, Minas Gerais. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 3, p. 1-15, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/2530/2652>

HELLER, L.; CASTRO, J. E. Public sanitation policy: theoretical-conceptual notes. . *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 284-295, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/sH4B9J7rYgvYsHG9nx-c3mSN/?format=pdf&lang=pt>

MAIA, C.; ANJOS, T.; SERRA, I.S.; ARAUJO, S.L. F. Monitoring a social project for sewage treatment in the Pirocaba community, Abaetetuba/PA. *Cadernos Unifoa*, v. 17, n. 49, p. 1-11, 2022. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/3920/2914>

NORBERTO, T.C.B. Challenges of rural basic sanitation in the context of agrarian reform. *Revista Extraprensa*, v. 15, p. 1-16, 2022. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/extraprensa/article/view/195444/184926>

RESENDE, R.G., FERREIRA, S., FERNANDES, L. F.R. Rural sanitation in the Brazilian context. *Revista Agrogeoambiental*, Pouso Alegre, 10(1), 129-150, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181027>

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Systematic review studies: a guide to the rigorous synthesis of scientific evidence. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfs/a/79nG9Vk3syHhnS-gY7VsB6jG/?format=pdf&lang=pt>

SILVA FILHO, D.R.; MARTINS, F.F.; RODRIGUES, Savianny GONÇALVES; PELÁ, Márcia Cristina Hizim. Analysis of basic sanitation indicators and their impacts on public and collective health in Aparecida de Goiânia, Goiás. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 5, n. 2, p. 1-21, 2022. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BJHR/article/view/45690>

SILVA, L.C.; PINCANÇO, A.P. Overview of Sustainable Technologies for Rural Sanitation in the Treatment of Sanitary Sewage in Brazil Between 2008 and 2018. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica*, v. 14, n.3, p.1444-1462, 2021. Disponível em: <https://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/70540>

SILVA, A. S.; LIMA, B. L.; SPINOLA, C.A. Basic sanitation and waterborne diseases: a study of the quilombola community of remanso, Lençóis-BA. *Revista Baru - Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos*, v. 6, n. 1, p. 1-17, 24 set. 2020. Disponível em: <http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/baru/article/download/7987/4660>

SIMONATO, D.C.; FIGUEIREDO, R.A.; DORNFELD, C. B.; ESQUERDO, S.V.F.; BERGAMASCO, S.M.P.P. Rural sanitation and environmental perception in a rural settlement - São Paulo - Brazil. *Retratos de Assentamentos*, v. 22, n. 2, p. 1-17, 2019. Disponível em: <https://retratosdeassentamentos.com/index.php/retratos/article/view/336/314>

VITOR, G. A.; LANDO, G.A.; DUARTE, C.A.L.; MARQUES, D.A.V.; D'ANGELO, Isabele MORAES, I.B. Health and sanitation in Brazil: a narrative review on the association between basic sanitation conditions and waterborne diseases. *Research, Society And Development*, v. 10, n. 15, p. 1-12, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/22913/20557>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines on sanitation and health. Geneva: World Health Organization (WHO) and The United Nations Children's Fund (UNICEF). (Ed.). *Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines*. Switzerland: JMP, 2017. 110 p. Disponível em: https://www.unicef.org/publications/index_96611.html



UNITAU
Universidade de Taubaté