ISSN 2525-4812 (versão on-line)
ISSN 2238-7641 (versão impressa)
http://www.revistaterceiramargem.com/index.php/terceiramargem/index

Recebido em: 27/4/2023
Aceito em: 5/5/2023
Período de publicação: 2023

Revista Terceira Margem Amazônia
(v. 9 • n. 21 • 2023)

Como citar o artigo:

PEDRO, J. P. B.; FIGUEIREDO, I. C. S.; GOMES, M. C. R. LIMA; VON SPERLING, M. Fossa alta comunitária: tecnologia social para tratamento de esgoto em comunidades de várzea na Amazônia. **Revista Terceira Margem Amazônia**, v. 9, n. 21, p. 57-74, 2023. DOI: http://dx.doi.org/10.36882/2525-4812.2023v9i21.p57-74..

FOSSA ALTA COMUNITÁRIA

TECNOLOGIA SOCIAL PARA TRATAMENTO DE ESGOTO EM COMUNIDADES DE VÁRZEA NA AMAZÔNIA

João Paulo Borges Pedro[1]
Isabel Campos Salles Figueiredo[2]
Maria Cecília Rosinski Lima Gomes[3]
Marcos Von Sperling[4]

Resumo: O presente artigo apresenta a tecnologia social Fossa Alta Comunitária (FAC), desenvolvida para tratamento de águas fecais de até quatro residências localizadas em áreas de várzea na Amazônia Brasileira. O artigo detalha de que forma a tecnologia foi concebida, a participação da comunidade beneficiada no processo e detalha o passo a passo para seu dimensionamento, construção e manutenção. Com isso o artigo busca dar visibilidade à tecnologia social inovadora, auxiliando assim no seu processo de replicação e consequente impacto positivo na vida das comunidades ribeirinhas amazônicas que não têm acesso ao saneamento básico.

Palavras-chave: esgotamento sanitário, várzea, tecnologia social, fossa alta comunitária.

[1] Tecnologista em meio ambiente, doutor em Saneamento, pesquisador em saneamento em comunidades rurais na Amazônia no Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá.
E-mail: joaopaulo.pedro@hotmail.com
http://orcid.org/0000-0002-3996-6545

[2] Bióloga, doutora em Saneamento e Ambiente, atuante na área de saneamento rural e WASH.
E-mail: belzinhafigueiredo@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-0940-0556

[3] Engenheira ambiental, mestre em Engenharia Ambiental, doutoranda em Saneamento, pesquisadora do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá.
E-mail: cecilia@mamiraua.org.br
http://orcid.org/0000-0003-0108-0148

[4] Doutor em Engenharia Ambiental, professor titular aposentado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais.
E-mail: marcos@desa.ufmg.br
https://orcid.org/0000-0001-8467-9492

COMMUNITY DEEP PIT: SOCIAL TECHNOLOGY FOR SEWAGE TREATMENT IN FLOODPLAIN COMMUNITIES IN THE AMAZON

Abstract: This article presents the social technology Fossa Alta Comunitária (Elevated Community Septic Tank), a technology developed for the treatment of black water from up to four households located in floodplain areas in the Brazilian Amazon. The article details the way in which the technology was conceived, the participation of the benefited community in the process and details its dimensioning, construction and maintenance. With this, the article seeks to give visibility to this innovative social technology, thus helping in its replication process and consequent positive impact on the lives of Amazonian riverside communities that do not have access to sanitation.

Keywords: sanitation, floodplain, social technology, Elevated Community Septic Tank.

Introdução

A Amazônia alagável soma uma área de aproximadamente 840.000 km² onde estima-se que viva ao menos 1,5 milhão de pessoas (Vidal, Raseira; Ruffino, 2015). Infelizmente, essa população encontra-se desassistida pelo estado e por políticas públicas que ofereçam soluções de saneamento apropriadas à realidade local (Brasil, 2021).

O ambiente natural dessas regiões impõe limitações para a implementação de tecnologias tradicionais de tratamento de esgoto. Além do pulso de inundação anual, outros fatores ambientais amazônicos, como deslizamento de encostas e áreas de acesso exclusivamente hidroviário, ampliam ainda mais os desafios para o esgotamento sanitário na região (Borges Pedro *et al.*, 2018). Por isso, as áreas alagáveis representam um grande desafio para as tecnologias de tratamento de esgoto em todo o mundo (Borges Pedro *et al.*, 2018) com poucas opções tecnológicas capazes de solucionar esse desafio na Amazônia.

Algumas tecnologias foram desenvolvidas com foco na Amazônia. Ainda em 2018, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) lançou a fossa séptica biodigestora adaptada para várzeas, colocada como uma tecnologia social aplicável a ambientes alagáveis de áreas estuarinas, com enchente de marés. A tecnologia, segundo a instituição, atende as demandas dos ribeirinhos moradores de áreas rurais, e é de fácil instalação (Oliveira *et al.*, 2018). Apesar do aparente sucesso, Figueiredo *et al.* (2019) ressaltam o risco à saúde devido à presença de patógenos no efluente final, desestimulando a prática do reúso e a disposição diretamente sobre o solo.

Para o ambiente rural do bioma Amazônia, o "Banheiro seco ribeirinho" foi implementado em nível de experimentação num ambiente alagável (várzea), na Ilha das Onças, no Pará. A tecnologia origina-se da abordagem do saneamento ecológico, com vistas ao aproveitamento dos subprodutos do sanitário na agricultura. A tecnologia é considerada simples, com potencial de replicabilidade, e de aceitação social quando comparado aos modelos antigos de sanitários (Neu, Santos; Meyer, 2016). Esta pesquisa permitiu a elaboração de uma cartilha para a replicação do sistema em ambientes similares (Neu *et al.*, 2017).

Como uma proposta de opções de soluções de tratamento de esgoto para o rural brasileiro, o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) apresenta as matrizes tecnológicas, cuja lógica

de uso baseia-se nos usos individuais ou coletivos e leva em consideração as características ambientais da localidade como fator de seleção do leque de opções, como disponibilidade hídrica, por exemplo (Brasil, 2021).

Apesar da evolução das iniciativas e tecnologias de tratamento de esgoto para o meio rural do Brasil, nenhuma das soluções atende às peculiaridades das várzeas da região do médio Rio Solimões, como será detalhado posteriormente.

Nesse contexto específico, as tecnologias sociais surgem como uma opção devido às suas características intrínsecas, como simplicidade de operação e manutenção e baixo custo (Serafim; Dias, 2013).

Buscando apresentar uma solução para esse desafio, surge a necessidade de desenvolvimento de uma tecnologia social adequada para esse contexto. Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo apresentar uma tecnologia social de tratamento de efluentes adequada para as populações da várzea amazônica, a fossa alta comunitária, e discutir a sua implantação prática em uma comunidade ribeirinha do Amazonas.

Percurso Metodológico

Desenvolvimento da tecnologia

O processo de seleção do arranjo tecnológico base para o desenvolvimento da tecnologia social para tratamento de esgoto em áreas de várzea iniciou-se com uma revisão bibliográfica que indicou a existência de 21 arranjos possíveis para tratamento de esgoto em áreas de várzea, divididos em onze soluções secas e dez soluções hídricas. O detalhamento completo dessa pesquisa pode ser encontrado em Borges Pedro *et al.* (2020).

As soluções hídricas, aquelas baseadas na utilização da água para descarga dos vasos sanitários, foram pré-selecionadas por serem a preferência dos moradores da região, conforme levantamento feito por Gomes *et al.* (2015). Entre as dez opções hídricas levantadas, cinco foram descartadas por fugirem ao escopo do projeto, incluindo as opções para geração de biogás (Khan *et al.*, 2012; Mamani, Ronteltap; Maessen, 2014) e as opções para residências flutuantes não aplicáveis para a realidade da comunidade (Hagan; Brown, 2011; Sumidjan, 2015). Das cinco restantes, três foram excluídas por serem "fossas comuns" sem pós-tratamento – consideradas inadequadas para o contexto da comunidade (Morshed; Sobhan, 2010; Spit, 2014), o que tornaria o efluente, com tratamento insuficiente, um potencial de risco à saúde da comunidade.

Assim, foram selecionados dois arranjos tecnológicos que se adequavam aos anseios da comunidade e que foram considerados tecnicamente viáveis: 1) tanque séptico + filtro anaeróbio e 2) tanque séptico + wetland. Após realizar o pré-dimensionamento desses sistemas, considerando o mesmo número de contribuintes, volume de efluentes e carga orgânica, verificou-se que a segunda opção seria inviável pela área final da wetland, que teria que ser construída acima do nível do solo (elevada), tornando a implementação onerosa e inacessível. Assim, optou-se pelo arranjo tecnológico tanque séptico + filtro anaeróbio, que, além da praticidade, já é largamente utilizado no Brasil e possui normas técnicas que dão subsídios para seu dimensionamento e construção.

Depois de feita a escolha do arranjo tecnológico mais adequado ao contexto, realizou-se o seu dimensionamento de acordo com as normas brasileiras vigentes, e foram sugeridas adaptações construtivas para a adequação ao ambiente de várzea. As adaptações, bem como informações sobre o processo construtivo, valor dos sistemas de tratamento e considerações sobre a logística no contexto amazônico, são apresentados na seção Resultados e Discussão.

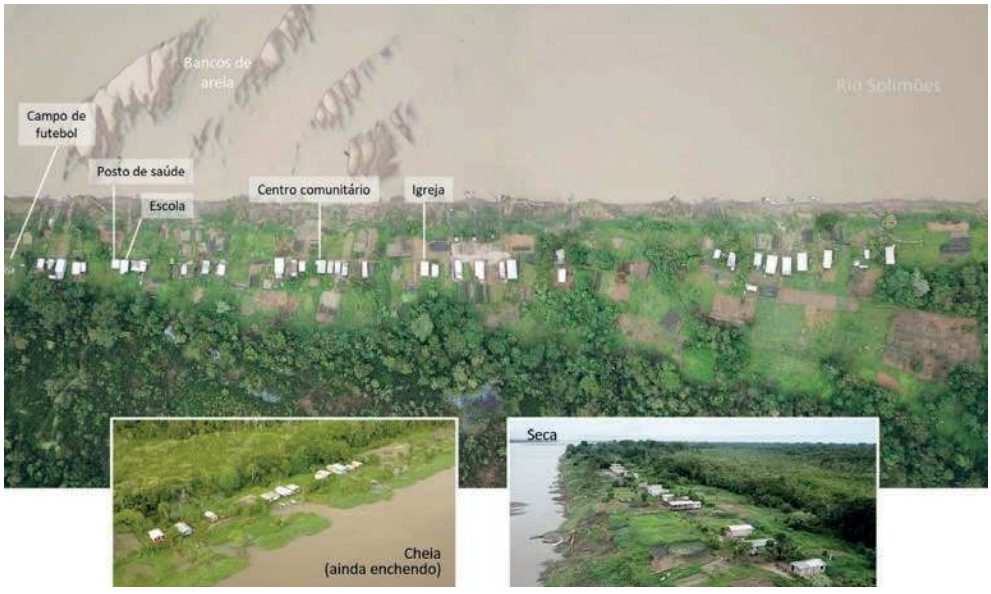
Implantação das unidades piloto na comunidade de Santa Maria (Tefé, AM)

Após a seleção do arranjo tecnológico para o tratamento de esgoto doméstico e seu detalhamento foi feita a implantação de três unidades piloto da tecnologia na comunidade de Santa Maria (Tefé, AM). Santa Maria foi escolhida para receber os pilotos devido a três critérios (Borges Pedro, 2022):

- Ocorrência de alagamento natural na comunidade.
- Anuência dos líderes comunitários para a condução da pesquisa.
- Proximidade geográfica da comunidade com a cidade de Tefé, AM, e com a sede do Instituto Mamirauá.

A comunidade Santa Maria (Figura 1) está localizada na Ilha do Tarará, no Rio Solimões, próxima das unidades de conservação Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá e Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã. Santa Maria está inserida num ambiente natural sazonalmente alagável, sendo, portanto, considerada uma comunidade de várzea. A dinâmica das águas impõe vários desafios para a vida dos moradores, e entre esses desafios está a dificuldade em realizar o tratamento e disposição final adequada dos esgotos domésticos gerados nas residências e noutras edificações.

Figura 1. Vista aérea da comunidade de Santa Maria, destacando algumas instalações de infraestrutura (escola, posto de saúde, centro comunitário e igreja), a proximidade da floresta, o Rio Solimões, e os períodos de seca e quase cheia.



A comunidade tem aproximadamente 130 moradores, e praticamente todas as famílias têm como fonte de renda principal a agricultura de hortaliças e frutíferas e como fonte secundária a pesca e o Bolsa-Família, compondo uma renda *per capita* diária de $1,90 (Borges Pedro, 2022), valor internacional de referência da linha da pobreza (Cruz *et al.*, 2015).

A escolha das famílias beneficiadas com a instalação da tecnologia social se deu em reuniões comunitárias, obedecendo a critérios estabelecidos em conjunto com os moradores e pesquisadores participantes do projeto. Esses serão apresentados e discutidos na seção seguinte.

Resultados e Discussão

Descrição da Tecnologia: A Fossa Alta Comunitária

A tecnologia social para tratamento semicoletivo de águas fecais[5] desenvolvida a partir da parceria entre o Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM-OS/MCTI) e a Universidade Federal de Minas Gerais, com participação dos moradores da comunidade de Santa Maria, Tefé, foi denominada Fossa Alta Comunitária (FAC).

"Fossa" remete ao tipo de tratamento, relacionado ao tanque séptico. Por ser tanque séptico, é obrigatoriamente um sistema hídrico, que recebe descarga de vasos sanitários, atendendo aos anseios dos ribeirinhos. Fossa é também uma palavra de fácil absorção social. "Alta" remete à elevação do sistema sobre uma base rígida, protegendo-o das cheias dos rios. Essa elevação configura-se como um dos elementos inovadores do sistema, que foi concebido especialmente para as várzeas. "Comunitária" remete ao contexto participativo em que a FAC foi concebida, com envolvimento dos moradores desde o planejamento das ações até as obras de construção dos sistemas. Além disso, remete ao fato de a FAC ser semicoletiva, o que permite que um único sistema de tratamento de esgoto atenda a mais de uma família ao mesmo tempo.

A FAC contempla um tanque séptico com pós-tratamento por meio de filtro anaeróbio, construído sobre uma laje de concreto armado. Como o efluente final desse sistema ainda poderia apresentar microrganismos patogênicos, acrescentou-se um sumidouro construído no solo como unidade complementar de disposição final do efluente tratado de modo a minimizar o risco à saúde dos ribeirinhos. Desta forma, a tecnologia priorizou a remoção de matéria orgânica, através do tanque séptico e filtro anaeróbio, e também dos patógenos, por meio do sumidouro construído no solo. O sistema foi projetado para receber águas fecais de até quatro residências (ou 24 moradores). O desenho esquemático do sistema e imagens ilustrativas são apresentados nas Figuras 2, 3 e 4.

Para facilitar a construção desse tipo de sistema, que é tradicionalmente construído em alvenaria, optou-se por usar reservatórios de água (caixas d'água) que são encontrados "prontos", o que reduz o tempo de obra, são leves e fáceis de transportar nas embarcações e são encontrados com facilidade nas lojas de material de construção da região. O uso de caixas d'água em sistemas de tratamento de águas fecais também já foi largamente explorado pela Embrapa na sua tecnologia social denominada Fossa Séptica Biodigestora (Silva; Marmo; Leonel, 2017) e foi sugerido por Almeida *et al.* (2022) como uma forma de simplificação do tanque séptico em localidades isoladas.

[5] Águas fecais correspondem à parcela do esgoto composto de água, fezes e urina, sinônimo para águas de vaso sanitário.

Figura 2. O sistema da fossa alta comunitária instalado e identificação de seus componentes.



1) Tanque séptico
2) Filtro anaeróbio
3) Sumidouro
4) Sistema de desvio ('by-pass')
5) Base elevada para proteger o sistema da água do rio durante as cheias

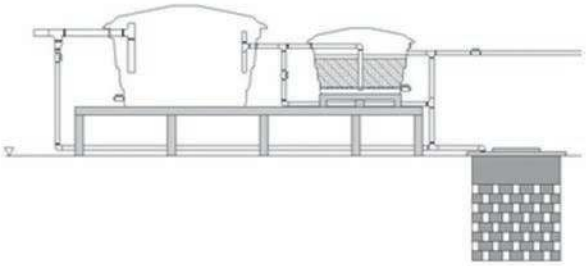
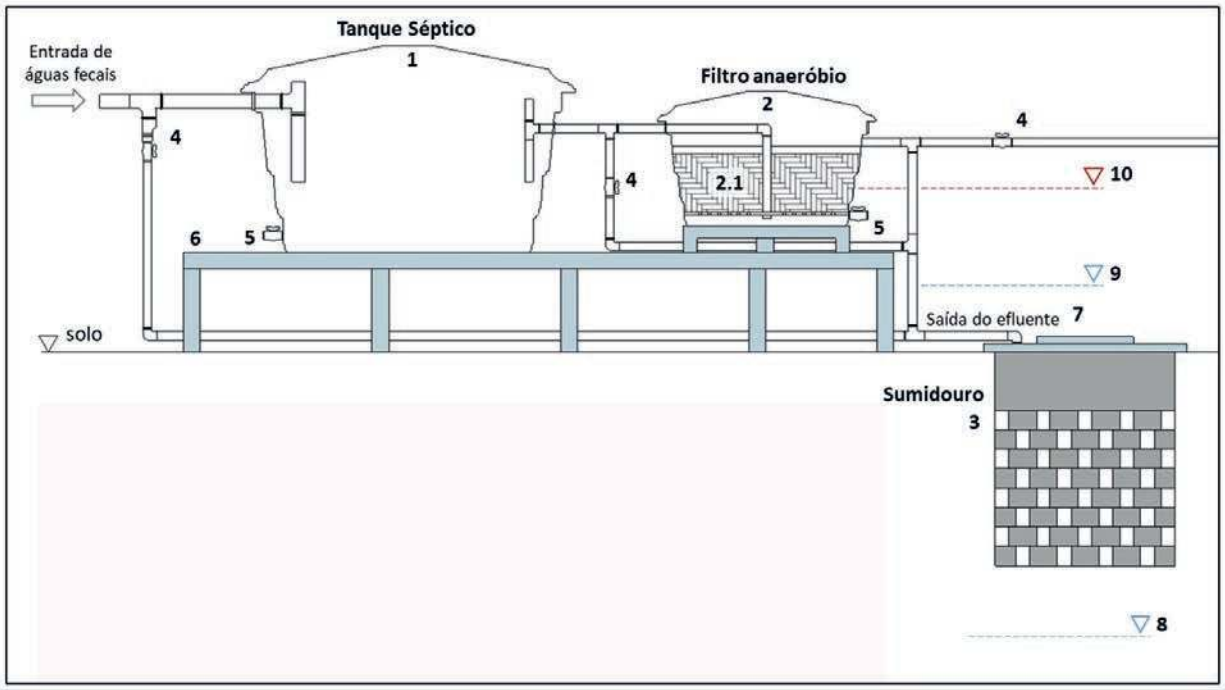


Figura 3. Detalhes construtivos dos componentes da fossa alta comunitária: (A) filtro anaeróbio preenchido com caco de bloco cerâmico; (B) sumidouro escavado no solo; (C) tampa do sumidouro em concreto armado.



Figura 4. Esquema da fossa alta comunitária e detalhes das unidades de tratamento e nível de água.



1) Tanque séptico de fibra de vidro (3.000 L) ou polietileno (2.000 L), conforme situação.
2) Filtros anaeróbios de polietileno (500 L ou 1.000 L), conforme situação.
   2.1) Meio filtrante composto por sacos de tijolo de aproxidamente 12 cm.
3) Sumidouro construído em tijolo (137 L, 1.100 L 2.800 L, conforme situação).
4) Sistema de desvio para segurança de operação ("by-pass").
5) Registro para descartes de fundo para manutenção.
6) Bases elevadas em relação ao solo para proteger o sistema de água do rio durante as cheias (altura variável, conforme situação).
7) Saída do efluente tratado direcionado ao sumidouro.
8) Nível do rio na época da seca. Todo o sistema permanece acima desse nível.
9) Nível médio do rio na época da cheia de 2016 a 2019. Situação mais fequente.
10) Nível máximo do rio na época da cheia, indicado pelos moradores/usuários. Situação crítica, menos frequente. A saída do filtro anaeróbio possui 30 cm de segurança em relação a esse nível.

Em termos de funcionamento, as águas fecais são direcionadas inicialmente para o tanque séptico, onde passam pelo processo de sedimentação e digestão anaeróbia. Em seguida o efluente pré-tratado é direcionado para o filtro anaeróbio de fluxo ascendente preenchido com cacos de tijolo/bloco cerâmico, passando por processos de retenção de partículas e ação metabólica de microrganismos anaeróbios presentes no biofilme do meio suporte. Após esse tratamento, o efluente já clarificado é direcionado para um sumidouro. O sumidouro foi projetado para infiltrar o efluente durante a seca (maior parte do ano – cerca de 9 meses), removendo os patógenos possivelmente presentes. Durante a cheia, o efluente deve ficar confinado no sumidouro (menor parte do ano – cerca de 3 meses), uma vez que é construído com vedação em concreto na parte superior, impedindo a dispersão de patógenos no meio. O efluente proveniente do filtro anaeróbio

poderá ainda ser lançado no corpo hídrico durante a cheia, com distância segura da área de uso da comunidade.

O nível da base do sistema, cuja determinação considera os níveis de alagamento normais e críticos, garante que tanto o tanque séptico quanto o filtro anaeróbio permaneçam sempre fora d'água em qualquer época do ano (ver níveis da água e sistema na Figura 4).

Além do sistema de tratamento, o projeto também previu a instalação do sanitário nas residências contempladas. Este era composto por caixa d'água (300 L), caixa de descarga, vaso sanitário, pia com torneira, superestrutura de madeira e acabamento.

A manutenção periódica do sistema consiste em drenar o lodo do tanque séptico e do filtro anaeróbio para uma vala escavada próximo às unidades de tratamento. Através de um registro hidráulico e mangueira previamente instalados, direciona-se o lodo para uma vala que permita receber todo o volume necessário. O volume de lodo é calculado com base no volume das unidades de tratamento e no intervalo de limpeza previstos no dimensionamento (um ano, seguindo critérios da NBR 7229 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993)). Após o despejo do lodo na vala, adiciona-se uma camada de cal virgem para sanitizá-lo. Em seguida tampa-se a vala com barro. O trabalho de remoção do lodo deve ser feito no início da seca, permitindo que o material passe por decomposição durante muitos meses até que a cheia o alcance.

Seleção das famílias beneficiadas com os sistemas piloto

Inicialmente a equipe de pesquisadores definiu dois critérios para a seleção das famílias a serem beneficiadas prioritariamente: a existência de deficientes e idosos na família. Mas, após reflexão, o processo de seleção das famílias foi alterado, porque considerou-se que seria mais coerente permitir que a própria comunidade decidisse sobre o melhor método de seleção das famílias, estimulando a participação ativa no processo, como prevê a pesquisa-ação (Mackenzie *et al.*, 2012).

Desta forma, os pesquisadores estabeleceram três cenários de decisão: 1) aplicação dos mesmos critérios de seleção anteriormente estabelecidos; 2) escolha livre da comunidade, por meio de diálogo e indicação das famílias contempladas; 3) sorteio simples das famílias interessadas, independentemente de qualquer critério. Numa assembleia realizada na escola da comunidade, com 19 famílias representadas, foi feita uma votação e o cenário 1 foi escolhido.

A família contemplada, de acordo com os critérios de seleção utilizados, beneficiou seus vizinhos imediatos em até duas casas, visto que a FAC foi projetada para receber águas fecais de até quatro famílias. Observou-se que os vizinhos apresentavam algum grau de parentesco, sendo pais, irmãos ou cunhados da pessoa contemplada.

Desta forma, os sistemas implantados (Figura 5) ficaram ordenados da seguinte maneira:

- **Sistema A**: beneficiou uma família com deficiente e seus dois vizinhos imediatos. Recebe águas fecais de três residências (dez moradores).
- **Sistema B**: beneficiou um casal de idosos da comunidade. Como a residência do casal é cerca de 35 m distante da residência mais próxima, impedindo a conexão de tubulações,

o sistema contemplou somente essa família. Recebe águas fecais de uma residência (dois moradores).

- **Sistema C**: beneficiado por indicação da comunidade. Inicialmente uma família com morador deficiente receberia a FAC e o sanitário, mas essa família não se dispôs a assumir os compromissos exigidos pelo projeto[6]. Com isso, a comunidade indicou outras duas famílias para receberem o sistema, considerando o seu envolvimento durante o processo. Recebe águas fecais de duas residências (doze moradores), mas foi projetado para atender uma terceira família no futuro.

Figura 5. Localização, número de residências e moradores contemplados com os sistemas de tratamento de águas fecais.



Fonte: dados organizados pelos autores, 2022

Dimensionamento dos sistemas piloto

Após a seleção das famílias que seriam contempladas com a FAC, as unidades de tratamento foram dimensionadas considerando o número de moradores e a proximidade geográfica entre as residências circunvizinhas.

Existem três fatores limitantes para que se adote o sistema proposto de forma semicoletiva. O primeiro é a distância entre as residências que supostamente poderiam ser contempladas de forma conjunta. A distância máxima observada pelos pesquisadores entre as residências vizinhas deve ser de 8 m, permitindo que as tubulações suspensas estejam instaladas de forma segura, e que as águas residuárias em seu interior possam escoar por gravidade sem dificuldade. O segundo limitante é o número de residências atendido de forma semicoletiva, que deve ser no máximo quatro, justamente pelo mesmo limitante mencionado (tamanho de rede). O terceiro fator limitante é a quantidade de contribuintes de esgoto ao sistema, ou número de moradores. Para que o dimensionamento de tanques sépticos e filtros seja respeitado, com volumes de caixas d'águas comerciais de até 3.000 e 1.500 L, respectivamente, o máximo de contribuintes deve ser de 21 moradores.

[6] Compromissos exigidos pelo projeto: contrapartida com madeira; participar da construção dos sistemas, comprometimento com bom uso e zelo dos sistemas e sanitários.

Para o dimensionamento dos tanques sépticos foi utilizada a norma NBR 7229 – Projeto, construção e operação de tanques sépticos (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993). Para o dimensionamento dos filtros anaeróbios e sumidouros foi utilizada a Norma NBR 13.969 – Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997). Os cálculos e respectivos parâmetros utilizados para o dimensionamento de cada uma das unidades da FAC instaladas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros adotados no dimensionamento dos sistemas da fossa alta comunitária.

Unidade de tratamento e equações	Parâmetro de dimensionamento	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Unidade
Tanque séptico $V=1000+N(C.T+K.Lf)$	N (nº de contribuintes)[1]	10,4	2,3	19,6	hab
	C (contribuição de esgoto/pessoa/dia)[2]	35,0	35,0	35,0	L/hab.dia
	T (tempo de detenção em dias)	1,0	1,0	1,0	dia
	K (taxa de acumulação de lodo e dias)	57,0	57,0	57,0	-
	Lf (contribuição de lodo fresco em litros/pessoa/dia)	1,0	1,0	1,0	L
	V (volume útil calculado)	**1.952,0**	**1.184,0**	**2.799,0**	**L**
	Volume de caixa d'água comercial adotada[3]	**3.000,0**	**2.000,0**	**3.000,0**	**L**
Filtro anaeróbio $V=1,6.N.C.T$ $S=V/h$	N (nº de contribuintes)[1]	10,4	2,0	19,6	hab
	C (contribuição de esgoto/pessoa/dia)[2]	35,0	35,0	35,0	L/hab.dia
	T (tempo de detenção em dias)	1,0	1,0	1,0	dia
	h (altura útil)	0,7	0,7	0,7	m
	S (área superficial)	0,9	0,2	1,6	m²
	D (diâmetro)	0,4	0,1	0,7	m
	V (volume útil calculado)	**580,0**	**112,0**	**1.095,0**	**L**
	Volume de caixa d'água comercial adotada[3]	**1.000,0**	**500,0**	**1.000,0**	**L**
Sumidouro (circular) $A=V/C_i$ $h=\frac{A}{(\pi.D)}$	Ci (Coeficiente de infiltração)[4]	90,0	90,0	90,0	L/m².dia
	A (área de infiltração)	4,1	0,8	7,7	m²
	h (altura)	1,4	0,7	1,8	m
	D (diâmetro)	1,0	0,4	1,4	m
	V (volume útil calculado)	**1.100,0**	**137,0**	**2.771,0**	**L**

[1]Ao número de contribuintes foi acrescido 15% considerando a possibilidade de crescimento familiar.

[2]Para o cálculo de C considerou-se que um contribuinte acionaria a descarga 5 vezes ao dia, e que cada descarga consome 7 litros de água.

[3]Os volumes adotados foram aqueles das caixas de água disponíveis no comércio local (Tefé, AM).

[4]Ci adotado representa a situação mais conservadora, assumindo valor mais baixo de "taxa máxima de aplicação diária" apresentada pela NBR 13969 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997).

A determinação da altura da base elevada que dá suporte para o tanque séptico e o filtro anaeróbio levou em conta o registro histórico do nível das cheias e o conhecimento tradicional dos moradores e sua vivência no ambiente. Para que o sistema permanecesse seguro e a água do rio não entrasse no interior das caixas d'água, durante a época de cheia do rio, foram considerados:

- O nível do alagamento do último ano (2019).
- A média do nível de alagamento dos últimos 5 anos.
- O nível do maior alagamento ocorrido na comunidade.
- O nível de alagamento possível para os próximos anos, com base na experiência dos moradores mais velhos.

Em reunião com os chefes de família foi determinado o nível da base elevada, de forma que a saída do filtro anaeróbio permanecesse com altura de segurança de no mínimo 30 cm acima do nível da água esperado para as próximas cheias.

Instalação dos sistemas e participação da comunidade

A instalação das FACs ocorreu em três etapas. Inicialmente foi construída a base elevada, que receberia as unidades de tratamento. A obra de construção levou aproximadamente 8 dias, e foi necessário contratar um pedreiro para a construção da laje de concreto da base elevada, pois os moradores não dominavam a técnica. Esse momento transformou-se numa oportunidade de capacitação (mesmo que informal) para os moradores.

A segunda etapa da implementação do sistema foi a instalação das unidades componentes (tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro). O trabalho foi realizado em 3 dias e outro trabalhador especialista em instalação hidráulica foi contratado para garantir a eficácia da instalação. O processo também permitiu o envolvimento dos comunitários e uma nova oportunidade de aprendizado, conforme observado na Figura 6.

Figura 6. Participação social: moradores trabalhando na obra de instalação da fossa alta comunitária.



A terceira e última etapa foi a construção dos sanitários. Acordou-se que essa etapa seria de responsabilidade dos moradores contemplados pelo projeto, para permitir que o arranjo da superestrutura e sua interface correspondessem aos desejos de cada família. Assim, detalhes como posição de vaso e pia, cor de parede, se seria instalado dentro ou fora de casa, possuir ou não chuveiro, tamanho de janelas foram escolhas dos usuários.

Na Figura 7 pode-se observar a fossa alta comunitária instalada e finalizada, com os detalhes da ligação de duas residências ao mesmo sistema (semicoletivo), durante a época das cheias.

Figura 7. Fossa alta comunitária instalada e em uso, com os detalhes da ligação semicoletiva entre duas residências. O registro foi realizado na época da cheia do Rio Solimões.



Custos envolvidos na implementação dos sistemas

Os custos da FAC envolveram logística (compra de combustível para transporte de materiais e equipe), alimentação para equipe de construção, materiais de construção e contratação de mão de obra.

A comunidade não teve qualquer gasto com a implementação da tecnologia. Sua contrapartida foi o serviço de extração de madeira para as bases elevadas e sanitários. Essa tarefa constituiu-se como um dos maiores desafios do projeto, visto que a madeira de qualidade suficiente para a aplicação do projeto é indisponível na região da comunidade. Outras formas de contrapartida da comunidade incluíram participação como mão de obra auxiliar, preparação da alimentação da equipe envolvida na construção e participação na logística de transporte de materiais de construção.

Os custos e os tipos de despesas para implementação de cada um dos três sistemas estão apresentados na Tabela 2. O sanitário e o sistema de tratamento, ou a interface e o tratamento, representaram em média 72% do custo total de implementação, sendo o restante dos gastos distribuídos em insumos, mão de obra e logística. Neste último componente, vale destacar que seu valor é fortemente impactado pela distância da comunidade ao centro urbano mais próximo. No caso desta pesquisa, a cidade é considerada próxima, e, portanto, os custos com logística representaram, em média, 16% do total. Certamente comunidades mais distantes teriam o custo logístico bem maior, e este teria um impacto mais expressivo no orçamento.

Tabela 2. Custos de implementação da fossa alta comunitária.

Tipo de despesa[1]	Sistema A (3 residências e 9 moradores)		Sistema B (1 residência e 2 moradores)		Sistema C (2 residências e 17 moradores)	
	Custo (R$)	% do total	Custo (R$)	% do total	Custo (R$)	% do total
Insumos[2]	77	1	60	1	60	1
Logística[3]	1.102	15	1.102	19	1.102	15
Mão de obra	800	11	480	8	960	13
Sanitário	742	10	451	8	742	10
Base de concreto	1.147	16	1.147	20	1.147	15
Filtro anaeróbio	515	7	349	6	515	7
Sumidouro	738	10	626	11	823	11%
Tanque séptico	1.272	17	790	14	1.272	17
Tubos e conexões	901	12	711	12	863	12
Total	**7.293**	**-**	**5.716**	**-**	**7.483**	**-**
Custo per capita	**810**	**-**	**2.858**	**-**	**440**	**-**
Custo/residência	**2.431**	**-**	**5.716**	**-**	**3.742**	**-**

[1]Valores praticados no comércio de Tefé, AM, entre 2019 e 2020.

[2]Insumos envolvem gastos com materiais de consumo como cola, lixa, prego, parafusos e similares.

[3]Logística envolve gastos com frete, combustível e alimentação.

A variação entre os valores totais se dá pelo porte de cada sistema e pelo número de moradores atendidos. Enquanto o Sistema B custou R$ 5.716 para atender a dois moradores, o Sistema C teve custo total de R$7.483 para o atendimento de 17 moradores.

O sistema semicoletivo proposto e implementado tem a vantagem do relativo baixo custo per capita. Ao atender mais moradores com dimensões similares, o custo por morador é mais baixo quando comparado a um sistema que atende menos moradores. Nesta pesquisa, o custo per capita para atender 2 moradores foi R$2.858, enquanto o custo per capita para atender 17 moradores foi de R$ 440, representando uma economia de 85%.

Considerações sobre a logística amazônica

O ambiente amazônico é um desafio para as pesquisas envolvendo comunidades rurais. As dimensões continentais do bioma têm reflexo direto no desenvolvimento de ações, pois os deslocamentos entre cidade e comunidades quase sempre são longos devido às enormes distâncias a serem percorridas. Nesse contexto, Calegare, Higuchi e Forsberg (2013, p. 573) afirmam que

"o que determina a factibilidade do trabalho científico nesta região do país são as distâncias (em relação aos centros urbanos) e as condições logísticas para os deslocamentos".

Nesta pesquisa, os desafios logísticos seguem a mesma linha. A principal dificuldade enfrentada pelos pesquisadores foi o transporte de materiais de construção até o local onde seriam instalados os sistemas de tratamento de esgoto. Alguns pontos merecem destaque para demonstrar os desafios. As lojas de materiais de construção de Tefé não fazem entregas dos produtos adquiridos até as comunidades, apenas transportam o material adquirido até a orla da cidade. A partir daí, é necessário contratar carregadores informais para embarcar os materiais em uma canoa que transportará os materiais até a comunidade. O transporte nem sempre é realizado com embarcações adequadas. No caso desta pesquisa, quase sempre foi feito com as canoas dos moradores. Durante o transporte do seixo, uma canoa alagou devido ao excesso de peso e instabilidade, e por pouco não afundou.

Após o transporte do material pelo rio, surge então outro desafio: carregar os materiais pesados (sacos de cimento, ferro, areia, seixo) barranco acima até o local da obra. A altura do barranco em relação ao nível da água do rio varia ao longo do ano em até 10 m (Ramalho *et al.*, 2009).

No período da cheia, geralmente entre maio e julho, o nível da água do rio está alto, permitindo que a canoa de transporte alcance diretamente as casas, já que tudo está alagado. Isso facilita o deslocamento, mas não permite a execução do trabalho. No período da seca, o barranco está alto o que torna o transporte mais trabalhoso. Além disso, a distância da cidade para a comunidade aumenta nessa época do ano, pois é necessário contornar bancos de areia e meandros dos rios, típicos da região do médio Rio Solimões.

Além dos riscos e desgaste das pessoas envolvidas, as principais implicações das dificuldades relatadas anteriormente são: aumento do tempo necessário para a conclusão do trabalho e elevação dos custos de implementação do sistema de tratamento devido ao maior gasto de combustível, necessidade de pagar carregadores e fretes diversos.

Vale ainda ressaltar que, nos últimos anos, a violência nos rios tem sido crescente, com a atuação de "piratas" organizados em facções criminosas que se utilizam do meio hidroviário para deslocamento e escoação de produtos ilegais. A região do médio Rio Solimões é considerada atualmente uma das principais rotas do narcotráfico internacional da Amazônia[7]. Sua presença nos rios da região tem causado preocupações sérias às autoridades locais e principalmente aos moradores ribeirinhos, altamente vulneráveis, por residirem na margem dos rios. Essa situação tem impacto em qualquer projeto de ações nas comunidades, incluindo projetos de saneamento.

Replicação da FAC e sua conexão com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

A fossa alta comunitária foi reconhecida como uma tecnologia social em 2021, quando foi certificada e passou a integrar a plataforma "Transforma! Rede de Tecnologias Sociais" da Fundação Banco do Brasil (Fundação Banco do Brasil, 2021). No site da FBB há mais informa-

[7] Reportagem sobre o assunto: https://emtempo.com.br/amazonas/278546/piratas-da-amazonia-dos-roubos-a-guerra-por-drogas?d=1. Acessada em : 8 set 2021.

ções sobre a tecnologia, imagens ilustrativas, lista de materiais completa e um guia para a sua implantação. A Figura 8 traz um resumo das etapas necessárias à replicação da tecnologia e os atores envolvidos em cada uma das etapas.

Figura 8. Sistematização do processo de implementação da fossa alta comunitária.



Ao final da implantação das três unidades piloto na comunidade de Santa Maria, alguns comunitários beneficiados pelo projeto puderam dar a sua opinião sobre a tecnologia e o impacto nas suas vidas. As falas a seguir ilustram os benefícios trazidos pela FAC e pelos sanitários instalados dentro das casas:

> "Porque ficou melhor né, a gente não sai daqui de dentro de casa pra ir lá pras bandas do mato, tudo aqui dentro de casa, por isso que eu acho que facilitou muito...Foi, foi bom sim. Porque agora não tem aquele problema de sai de canoa aquelas horas da noite né. Quando querer fazer precisão tinha que ir aquelas horas da noite né, agora tá com vontade se ajeita bem né"[8] (informação verbal).

> "Agora ficou dez como eu disse (risos), ficou ótimo dentro de casa, as pias pra lavar as mãos. Tudo isso era dificuldade né porque não tinha pra lavar, e até chegar aqui pra lavar. A gente andar de lá pra cá. Tacava nossa mão sabe lá por onde né...agora ta bom... aí ficou tudo ótimo mermo. Dentro da casa, qualquer hora né, as veiz a gente tava doente e precisava e não tinha, saía de noite às pressas pro mato. E aqui dentro de casa não né é aí pertinho. Ficou dez mesmo."[9] (informação verbal).

A inclusão da FAC na plataforma de tecnologias sociais com mais expressividade no Brasil é um passo importante para facilitar a sua replicação e aumentar o alcance dos seus benefícios sociais e ambientais. Nesse sentido, a Figura 9 pontua a relação entre a tecnologia e os ODS, ressaltando as contribuições da FAC para o atendimento das metas estabelecidas.

[8] Informação fornecida por morador anônimo, em 1º out 2019.
[9] Informação fornecida por morador anônimo, em 1º out 2019.

Figura 9. A fossa alta comunitária e suas contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

6 ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO	6.2 até 2030, alcançar o acesso a **saneamento** e higiene **adequados e equitativos para todos**, e **acabar com a defecação a céu aberto**, com especial atenção para as **necessidades das mulheres e meninas** e daqueles em situação de vulnerabilidade	Por tratar-se de uma tecnologia específica para áreas alagáveis, a Tecnologia Social (TS) pode ser considerada adequada para este tipo de ambiente. Como o sanitário é individual por família, torna-se adequado do ponto de vista de dignidade. Para as mulheres, é atende às necessidades de privacidade e segurança.
	6.6 até 2020, **proteger** e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, **florestas, zonas úmidas, rios**, aquíferos e **lagos**	A TS se propõe a tratar as água de vasos sanitários para impedir a contaminação ambiental por patógenos. Assim, ela protege o ambiente natural ao redor das residências, especialmente nas zonas úmidas (várzea).
	6.b **apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais**, para melhorar a gestão da água e do saneamento.	A TS tem por base a participação social ativa dos moradores em todo o processo de planejamento e implementação, incluindo a participação das mulheres como protagonistas, propiciando a melhor gestão do serviço
3 SAÚDE E BEM-ESTAR	3.3 - Até 2030, acabar com as epidemias de AIDS, tuberculose, malária e doenças tropicais negligenciadas, e combater a hepatite, **doenças transmitidas pela água**, e outras doenças transmissíveis	A TS garante que o ambiente não seja contaminado por patógenos do esgoto. Funciona como uma barreira para que os patógenos não contaminem a água, evitando a transmissão de doenças. Garante-se portanto um ambiente mais saudável.
11 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS	11.1 - Até 2030, garantir o acesso de todos à habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos **serviços básicos** e urbanizar as favelas	A TS pode se encarada como um serviço básico de saneamento, que torna a habitação segura e adequada para seus moradores. Assim, ela torna a comunidade sustentável neste aspecto.

Fonte: dados organizados pelos autores, 2022.

Conclusão

O desenvolvimento da fossa alta comunitária é um importante passo para a o cumprimento de alguns dos ODSs relacionados ao tema do saneamento básico, especialmente o ODS 6. Com essa solução tecnológica, as famílias ribeirinhas da Amazônia poderão ter um sanitário dentro de casa, garantindo assim sua dignidade, segurança, privacidade e conforto, além disso combatendo os problemas de saúde e ambientais relacionados com a disposição de esgoto bruto no ambiente. Durante o desenvolvimento da tecnologia social, ficou clara a importância da participação e envolvimento da comunidade, desde a concepção do projeto até a sua execução prática. Também ficaram claras as dificuldades que o bioma impõe na aplicação dessa tecnologia, especialmente pela logística custosa e trabalhosa. Mesmo assim, a implantação da tecnologia FAC se mostrou viável, tecnicamente simples e de baixo custo, pontos que favorecem sua replicação em contextos socioambientais similares no Brasil e no mundo.

Referências

ALMEIDA, M. E. P. *et al.* Simplificação de tanque séptico unifamiliar: uma contribuição para a universalização do saneamento no Brasil. **Revista DAE**, v. 70, n. 238, p. 81-94, 2022.

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: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

BORGES PEDRO, J. P. *et al.* A review of sanitation technologies for flood-prone areas. **Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development**, v. 10, n. 3, p. 397-412, 2020.

BORGES PEDRO, J. P. *et al.* **Desafios da gestão de sistemas de tratamento de esgoto em áreas rurais alagáveis da Amazônia**. Trabalho apresentado nos anais do 1º Seminário Nacional sobre Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto, 2018.

BORGES PEDRO, J. P. **Solução semicoletiva de tratamento de águas fecais e seu processo de apropriação em comunidade de área alagável da Amazônia**. 2022. 200 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BRASIL. **Programa Nacional de Saneamento Rural – PNSR**: relatórios de campo da região norte. Brasília, DF: Fundação Nacional de Saúde, 2021. (Série Memórias do Programa Nacional de Saneamento Rural, v. 1, tomo 1).

CALEGARE, M. G. A.; HIGUCHI, M. I. G.; FORSBERG, S. S. Desafios metodológicos ao estudo de comunidades ribeirinhas amazônicas. **Psicologia & Sociedade**, v. 25, n. 3, p. 571-580, 2013.

CRUZ, M. *et al.* **Ending extreme poverty and sharing prosperity**: progress and policies. Washington, DC: World Bank Group, 2015.

FIGUEIREDO, I. C. S. *et al.* Fossa séptica biodigestora: avaliação crítica da eficiência da tecnologia, da necessidade da adição de esterco e dos potenciais riscos à saúde pública. **Revista DAE**, v. 67, n. 220, p. 100-114, 2019.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Fossa Alta Comunitária**. Tefé, AM: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, 2021. Disponível em: https://transforma.fbb.org.br/tecnologia-social/fossa-alta-comunitaria. Acesso em: 15 maio 2022.

GOMES, M. C. R. L. *et al.* Sustainability of a sanitation program in flooded areas of the Brazilian Amazon. **Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development**, v. 5, n. 2, p. 261-270, 2015.

HAGAN, J.; BROWN, M. **Designing for sustainable sanitation**. Presentation at WASH Conference in Brisbane, Australia, 2011.

KHAN, M. N. I. *et al.* **Unlocking potentials in sanitation in difficult areas of Bangladesh adopting ecological approaches**. Bangladesh, 2012.

MACKENZIE, J. *et al.* The value and limitations of participatory action research methodology. **Journal of Hydrology**, v. 474, p. 11-21, 2012.

MAMANI, G.; RONTELTAP, M.; MAESSEN, S. **Final report sante brac project country**: Bangladesh. [*S.l.*]: Sante brac, 2014.

MORSHED, G.; SOBHAN, A. The search for appropriate latrine solutions for flood-prone areas of Bangladesh. **Waterlines**, v. 29, n. 3, p. 236-245, 2010.

NEU, V. *et al.* **Banheiro ecológico ribeirinho**: uma alternativa de saneamento para comunidades rurais amazônicas. Belém, PA: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2017.

NEU, V.; SANTOS, M. A. S. dos; MEYER, L. F. F. Banheiro ecológico ribeirinho: saneamento descentralizado para comunidades de várzea na Amazônia. **Revista Em Extensão**, v. 15, n. 1, p. 28-44, 2016.

OLIVEIRA, B. R. de *et al.* **Construção do sistema de fossa séptica biodigestora adaptada para várzeas estuarinas do Rio Amazonas**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

RAMALHO, E. E. *et al.* Hydrological cycle at várzea of the Mamiraua Sustainable Development Reserve – Middle Solimões River, from 1990 to 2008. **Uakari**, v. 5, n. 1, p. 61-87, 2009.

SERAFIM, M. P.; DIAS, R. de B. Tecnologia social e tratamento de esgoto na área rural. *In*: PÓLIS, I. (ed.). **Tecnologia social & políticas públicas**. São Paulo: Fundação Banco do Brasil, 2013. p. 184-206.

SILVA, W. T. L. da; MARMO, C. R.; LEONEL, L. F. **Memorial descritivo**: montagem e operação da fossa séptica biodigestora. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017. 27 p. (Embrapa Instrumentação. Documentos, 65).

SPIT, J. **Overview sanitation technologies applicable in flood prone areas**. SANTE Project Report, 2014.

SUMIDJAN, I. Y. Floating sanitation in tidal area. **Journal of Human Settlements**, v. 7, p. 42-56, 2015.

VIDAL, M. D.; RASEIRA, M. B.; RUFFINO, M. L. Manejo participativo dos recursos naturais amazônicos – a experiência do ProVárzea. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 1, p. 53-60, 2015.