

Biodigestores como tecnologia social para promoção da saúde: Estudo de caso para saneamento residencial em áreas periféricas

Biodigesters as social technology for health promotion: Case study for residential sanitation in peripheral áreas

Claudio Proença

Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz
E-mail: claudio.amaral88@hotmail.com

Gustavo Machado

Fundação Oswaldo Cruz - Fiocruz – UFRJ

Resumo

Esse artigo relaciona o panorama do saneamento no Brasil com enfoque no reaproveitamento dos resíduos orgânicos e do esgoto sanitário, através de modelos de saneamento ecológico, com intuito de promover a saúde. O biodigestor é um exemplo de tecnologia social que possibilita sanear e obter energia em forma de gás natural através da biodigestão anaeróbia para áreas rurais e periurbanas. No estudo, o biodigestor foi classificado entre sua aplicabilidade: rurais, industriais e residenciais. No entanto, no contexto brasileiro, as residências provenientes de ocupação desordenada e áreas rurais, geralmente, não possuem tratamento de esgoto adequado. Assim, foram levantados dados sobre diferentes modelos de biodigestores, através de estudo de caso dos sistemas biodigestores do Vale Encantado e Águas do Imperador. Foi dado foco aos biodigestores residenciais, como tecnologias sociais, a partir de estudo de caso da comunidade do Vale Encantado. Para a construção deste estudo, a metodologia foi: Revisão Bibliográfica, Revisão Documental, Pesquisa Qualitativa, Estudo de caso e Observação Participante com saída de campo. Pode-se demonstrar que é possível solucionar de forma descentralizada a disposição final dos resíduos orgânicos e esgoto doméstico, para 20 pessoas, com aplicação em um restaurante comunitário (Vale Encantado), e para aproximadamente 3.000 pessoas, com aplicabilidade em uma comunidade ou área periurbana (Águas do Imperador). Conclui-se

que os biodigestores são uma alternativa de tecnologia social para o saneamento, principalmente em regiões onde soluções convencionais não são uma possibilidade financeiramente viável.

Palavras-chave: Saneamento ecológico; Biodigestor; Tecnologia social.

Abstract

This article relates the panorama of sanitation in Brazil with a focus on the reuse of organic waste and sanitary sewage, through ecological sanitation models, in order to promote health. The biodigester is an example of social technology that makes it possible to sanitize and obtain energy in the form of natural gas through anaerobic biodigestion to rural and peri-urban areas. In the study, biodigester was classified among its applicability: rural, industrial and residential. However, in the Brazilian context, residences coming from disordered occupation and rural areas generally do not have adequate sewage

treatment. Thus, data were collected on different models of biodigesters, through a case study of the biodigesters systems of Vale Encantado and Águas do Imperador. A focus was given to residential biodigesters, such as social technologies, based on a case study of the Vale Encantado community. For the construction of this study, the methodology was: Bibliographic Review, Documentary Review, Qualitative Research, Case Study and Participant Observation with field output. It can be demonstrated that it is possible to solve in a decentralized way the final disposal of organic waste and domestic sewage, for 20 people, with application in a community restaurant (Vale Encantado), and for approximately 3,000 people, applicable in a community or peri-urban area (Waters of the Emperor). It is concluded that biodigesters are a social technology alternative for sanitation, especially in regions where conventional solutions are not a financially viable possibility.

Keywords: Ecological sanitation; Biodigester; Social technology.

Introdução

Esse artigo busca descrever e apresentar a utilização do saneamento ecológico como tecnologia social de tratamento de esgoto e resíduos orgânicos, para promoção da saúde através do uso de biodigestores. Essa tecnologia possibilita tratar esgotos e resíduos sólidos orgânicos de forma sustentável e ainda obter gás natural, promovendo saúde e preservando o meio ambiente.

Nos grandes centros urbanos as residências nas áreas carentes ou provenientes de ocupação desordenada em sua grande maioria não possuem esgotamento sanitário adequado, assim como as áreas rurais. Algumas áreas quando possuem, é de maneira não satisfatória

pelos parâmetros estabelecidos pela Lei N°11.445/2007.¹ De acordo com os dados coletados em 2012, com relação ao saneamento rural, apenas 5,2% das casas tem seu esgoto coletado, 28,8% usam fossas como solução e 66,5% usam fossas rudimentares/sumidouro ou descartam seu efluente diretamente no rio ou em solo sem tratamento.²

Segundo Fachini e Silva,³ para cada R\$ 1,00 (um real) gasto com saneamento, R\$ 4,00 (quatro reais) seriam economizados na área da saúde. Como apontado, a saúde da população está diretamente relacionada com a saúde do ambiente que a mesma está inserida. Esse contexto demonstra a necessidade de repensar

as tecnologias para promoção da saúde com equidade para todas as populações. Principalmente onde a geografia do lugar e a falta de recursos não permitem a instalação de grandes sistemas, é possível dimensionar distintas estruturas de saneamento descentralizadas e não convencionais.

Diante deste cenário, este estudo de caso buscou compreender a aplicação dos biodigestores em diferentes escalas, por meio da discussão entre a teoria disponível e a prática, no campo do saneamento ecológico. Para isso foram utilizadas diferentes realidades como a comunidade Vale Encantado, Alto da Boa Vista – RJ, a partir de visitas técnicas e a aplicação em Petrópolis, pelo Grupo Águas do Imperador, a partir de dados secundários.

Metodologia

A metodologia utilizada se baseou em quatro etapas: revisão bibliográfica relacionada à temática, revisão documental associada à pesquisa qualitativa, estudo de caso e observação participante com saída de campo ao longo do processo para identificação e caracterização de um dos casos abordados.

Primeiramente, realizou-se levantamento bibliográfico, acerca do tema de reaproveitamento dos resíduos orgânicos e do esgotamento sanitário através de modelos não convencionais. Posteriormente, deu-se ênfase na busca de diferentes modelos de biodigestores para tratamento de resíduos orgânicos e de

esgoto residencial. Realizou-se também pesquisa documental, a qual consiste na busca por materiais em outros lugares disponíveis na internet, como por exemplo, jornais, revistas, cartilhas, manuais de órgãos públicos, legislações e documentos oficiais.⁴ A pesquisa qualitativa consistiu no processo de análise dos materiais obtidos nas buscas realizadas.⁵

Como estudo de caso foram escolhidas as experiências do Vale Encantado, Alto da Boa Vista, RJ e Águas do Imperador, Petrópolis, RJ. Foi realizada visita técnica no Vale Encantado e no Águas do Imperador apenas foram utilizados dados secundários.

Nas saídas de campo para estudo de caso, utilizou-se o método de observação participante. A observação participante é uma importante estratégia de pesquisa etnográfica destinada a fornecer ao pesquisador uma abordagem íntima com um determinado assunto através do envolvimento com pessoas em seu território natural.⁶ A partir das informações práticas e teóricas levantadas, pode-se apontar um panorama sobre a utilização de biodigestores como tecnologias não convencionais para áreas periféricas, rurais e periurbanas.

Resultados

Saneamento

De acordo com as Nações Unidas, 2,5 bilhões de pessoas não possuem instalações sanitárias adequadas, apesar do acesso à água limpa e

esgotamento sanitário ser considerado um direito humano pela ONU. No Brasil estes serviços ainda não são oferecidos com equidade pelo Estado. A distribuição e coleta são feitas de forma desigual, visto que 20% da população com maior renda tem 90% da sua população atendida pelo serviço, e os 20% mais pobres tem apenas 60% da população atendidas pelos serviços de coletas, o que corrobora com o quadro de desigualdade estabelecido no país. Ainda, apenas 36% do esgoto gerado no país tem tratamento e menos da metade da população brasileira possui acesso à coleta de esgotos. Por consequência do baixo investimento na área de saneamento, 396 mil pessoas são atendidas com diarreia nos hospitais, sendo que 80% está relacionado à falta de saneamento.⁷ Por determinação do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) o saneamento foi dividido em 3 programas para melhor solucionar o problema de ineficiência, com três vertentes distintas. Um deles, o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), tem como três eixos estratégicos: i) tecnologias sociais, tecnologias de saneamento apropriadas às peculiaridades regionais e locais; ii) Gestão, manutenção e operação, para garantir a sustentabilidade dos serviços implantados – alternativas e modelos de gestão e iii) Mobilização e participação social, com educação em saúde, participação e controle social. O PNSR, que vem sendo construído participativamente já apresenta a importância de tecnologias sociais para regiões periféricas.⁸

Neste cenário, o saneamento ecológico traz uma alternativa para o saneamento rural, e muda o panorama atual de utilização e supressão da natureza que ocorre atualmente nas regiões mais afastadas, ou de difícil acesso. Neste campo de atuação, as tecnologias de saneamento ecológico, por envolverem participação social, baixo custo e fácil manutenção, podem ser discutidas como tecnologias sociais que envolvem outros benefícios econômicos e sociais,⁹ como aprofundado abaixo.

Tecnologias sociais

A tecnologia social se contrapõe as tecnologias convencionais, as quais são mais disseminadas pelo mundo e por isso sendo mais utilizadas. Diversos setores são submetidos às tecnologias convencionais ecologicamente obtusas, incluindo o setor de tratamento de esgoto e de resíduos, seja em pequena ou grande escala.¹⁰

Esta abordagem de tecnologia inclusiva surge com a proposta de solucionar problemas sociais. Por sua vez apresenta características claras e definidas para qualquer projeto, como: baixo custo de implementação, facilidade de construção, participação social e representar um ganho social para população. A aceitação e compreensão das pessoas que vão interagir e ou usufruir da tecnologia implementada, é fator fundamental para de fato considerar uma tecnologia social.¹¹

O saneamento ecológico tem uma abordagem muito similar, com as tecnologias sociais para

saneamento na zona rural. O mesmo geralmente tem seus projetos realizados de forma participativa, muitas vezes utilizando mão-de-obra local, e de conhecimentos específicos dos moradores locais. Geralmente utilizando como base para o projeto, as construções anteriores nas proximidades. E sempre caracterizando um ganho direto para os agentes envolvidos e da população do entorno.⁹

Saneamento ecológico

O saneamento ecológico vem como uma alternativa para mudar o panorama atual de descarte e disposição final dos resíduos na natureza que vem ocorrendo nos dias atuais. A contaminação do meio ambiente é visível e fica cada vez mais difícil para a natureza se regenerar e absorver toda poluição que vem recebendo diariamente. Os dejetos oriundos dos processos convencionais de saneamento geram enormes gastos, para que alguma parte possa ser posteriormente aproveitada, muitas vezes poluindo mesmo após tratamento.²

O saneamento ecológico não possui uma técnica específica, mas sim diversas tecnologias que contrapõem os grandes sistemas de saneamento convencional, com variação de eficiência, preço e aplicação de acordo com suas características particulares. Como exemplo de tecnologias aplicáveis tem-se: o banheiro seco, as bacias de evapotranspiração, biodigestores, entre outros, que buscam a sustentabilidade ambiental e econômica. Este tipo de saneamento ainda tem por objetivo

integrar a população nos projetos de construção, manutenção e controle. Gerando assim uma autossuficiência da população para com o próprio sistema de saneamento, seja de tratamento de esgoto, reaproveitamento da água da casa e coleta de água de chuvas.¹⁰

Para se configurar saneamento ecológico é necessário segregar as águas residuais, poupar os recursos hídricos, possibilitar o fechamento do ciclo de água e nutrientes, isto é, qualquer dejetos deve ser reintroduzido de modo que contribua para a sequência do processo natural, minimizando rejeitos, dentro das possibilidades tecnológicas disponíveis.^{12,13}

Como exemplo de aplicação, o projeto de tanques de evapotranspiração implantado na Praia do Sono em Paraty pela Fundação Oswaldo Cruz em conjunto com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e o Fórum de Comunidades Tradicionais de Angra dos Reis, Paraty e Ubatuba (FCT), teve participação da comunidade. O projeto não se limita apenas a construção, mas também promove ações de educação ambiental, emancipação social e planejamento participativo com as pessoas da comunidade.² Essa pesquisa levantou por observação participante os impactos do saneamento ecológico no território, apresentados em diagrama:

Como apontado acima, pode-se verificar o empoderamento da comunidade pela: incubação social, contratando mão-de-obra local e gerando riqueza na comunidade;

educação ambiental e mudança cultural; incentivo ao turismo local, qualidade de vida, estimulando uma nova consciência sobre a água na comunidade, geração de alimento no território, resistência da comunidade e maior cuidado com o meio ambiente.² O projeto de saneamento ecológico apresentado exemplifica a importância da tecnologia social.

Os resíduos orgânicos gerados também apresentam grande problemática de destinação em áreas rurais, periurbanas e periféricas. Com isso se faz necessária a utilização de ferramentas com características de tecnologia social. Para solucionar essa questão de maneira descentralizada, os biodigestores podem tratar adequadamente esgoto e os resíduos orgânicos, possibilitando o fechamento de ciclo de nutrientes e obtenção de energia ao final do processo.

Biodigestor

O biodigestor é um instrumento tecnológico que possibilita transformar os gases gerados dentro dele em energia, através da decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos por biodigestão. No processo acontece a degradação da matéria orgânica através da reação bioquímica com bactérias e microorganismos presentes na biomassa utilizada. A energia pode ser obtida em forma de gás e convertida.¹⁴

Existem diferentes tipos de biodigestores implantados no Brasil, os quais variam em

relação à tecnologia, tamanho, viabilidade financeira, materiais utilizados na construção, tamanho, condições do espaço a ser implementado, e biomassa utilizada para obtenção de energia. Entretanto todos os tipos de biodigestores seguem o mesmo princípio da digestão anaeróbia de matéria e resíduos orgânicos.

Os tipos de biodigestores foram divididos neste estudo com proposta em três linhas de implementação: biodigestor rural, biodigestor residencial e biodigestor industrial. A separação foi feita baseada na matéria orgânica utilizada no biodigestor, o biodigestor rural normalmente utiliza dejetos de animais como fonte de energia, o residencial pode utilizar o esgoto sanitário e/ou resíduos orgânicos oriundos da cozinha, e o industrial utiliza somente resíduo orgânico coletado nas triagens dos aterros sanitários.¹⁵

Biodigestor Industrial

O biodigestor industrial geralmente é associado a estações de tratamento de resíduos sólidos que possuem sistema de separação qualitativa dos mesmos. Na estação de tratamento, os resíduos são separados em orgânicos e inorgânicos. Os orgânicos seguem para o biodigestor, gerando energia em forma de gás, que são aproveitados para a geração de energia elétrica. Algumas estações de tratamento já possuem tecnologias de conversão após processo de biodigestão que possibilitam gerar energia elétrica na própria

estação.¹⁶ O desafio é trabalhar com o máximo rendimento do biodigestor, visto que é preciso um controle constante do pH para otimização do processo.

É um sistema mais elaborado que transforma os gases em diferentes tipos de energia. A construção do sistema é mais cara e elaborada, a distribuição e o consumo são maiores, a tecnologia utilizada é mais moderna e cara, assim é preciso manter um controle, para haver também um retorno financeiro mensurável e sustentável para manter o processo. A preocupação nesse sistema é o retorno energético que o biodigestor deve proporcionar e o ganho econômico.¹⁶

Biodigestor rural

O biodigestor rural é o mais difundido no Brasil, trazido na década de 70 devido aos altos preços do petróleo, sendo utilizado principalmente em propriedades que possuem criação de animais, como gado, porcos e galinhas. A biomassa utilizada no biodigestor é o excremento dos animais criados na propriedade. As fezes dos animais possuem um potencial de gerar gás muito superior ao das fezes humanas. A metodologia de recarga deste biodigestor se dá de forma manual recolhendo as fezes dos animais e introduzindo-as no biodigestor.¹⁴

Este biodigestor mais difundido é de modelo indiano, não possui o aporte constante de água como em outros modelos. Para o bom funcionamento é necessário revolver a matéria

para aumentar a produção de gases. É um modelo bem simples e barato de ser implantado, sendo o mais utilizado hoje em dia em algumas regiões no nordeste do Brasil.¹⁴

Este modelo é abastecido de maneira descontínua, feita por bateladas, a alimentação é feita manualmente, após a retirada do substrato que fica retido ao fundo do biodigestor ao final do processo de biodigestão, é introduzido nova carga de matéria orgânica iniciando novamente o processo.¹⁴ Um dos primeiros biodigestores implantados no Brasil foi na Granja do Torto em Brasília, no ano de 1979.

Biodigestor residencial

O modelo residencial para tratar esgoto não é muito comum no Brasil. Na década de 90 surgem os primeiros sistemas biodigestores para tratar dejetos humanos do tipo residencial. Até hoje são pouco difundidos no Brasil, mas os biodigestores começam a se firmar no mercado após a regulamentação dos créditos de carbono. Em 2000, foram construídos alguns modelos em residências no sudeste. Sendo assim, a biodigestão anaeróbia passa a ser utilizada novamente, todavia com outro foco, sendo utilizado para reduzir a emissão de gases do efeito estufa.¹⁷

O primeiro sistema residencial foi construído por uma ONG Alemã, em conjunto com a prefeitura do município de Silva Jardim no estado do Rio de Janeiro, no ano de 1991. O projeto teve por objetivo sanear o bairro cidade

nova com aproximadamente 1000 moradores. O projeto ocorreu sem fins lucrativos, com intuito de promover o reaproveitamento da biomassa, e limpar os corpos hídricos.³

O biodigestor residencial pode ser utilizado de três maneiras. A primeira delas é utilizando o esgotamento sanitário como fonte de biomassa, a segunda é utilizando os restos orgânicos gerados na cozinha das casas, e a terceira é utilizar as duas biomassas em conjunto tendo as águas negras e as águas cinzas, porém nesta configuração é muito difícil controlar o aporte e a qualidade da matéria orgânica no biodigestor.³ Normalmente neste modo, os resíduos orgânicos são triturados.

Para compreensão cabe classificar as águas descritas acima de acordo com sua geração. A origem das águas cinza são: máquinas de lavar, pia da cozinha, chuveiros, tanques e lavatórios em geral. As águas negras são aquelas provenientes dos vasos sanitários, sendo compostas praticamente por fezes, urina e papel higiênico. Contribui entre 20 e 30% para formação total do esgoto doméstico, possui grande carga orgânica com parte dela em sólidos suspensos.¹⁸

O sistema biodigestor para tratamento de esgoto sanitário isoladamente, possui algumas possibilidades, mas geralmente são utilizados dois modos. O primeiro utiliza as águas negras e as águas cinzas conjuntamente dentro do biodigestor. O segundo é fazendo a separação das duas águas, utilizando apenas as águas

negras dentro do biodigestor. Nesse tipo de sistema as águas cinzas são utilizadas para fins menos nobres como jardinagem. Mas esse tipo de tratamento necessita de espaço para reutilizar as águas cinzas.

Dentre os modelos de biodigestores residenciais que são usualmente utilizados em pequenas propriedades destacam-se principalmente dois modelos: o Modelo de biodigestor chinês e o canadense. Ambos seguem o mesmo princípio de decomposição anaeróbia através das bactérias contidas nos próprios resíduos sólidos e esgoto sanitário, mas possuem algumas características diferentes quanto a sua construção, sendo que alguns utilizam materiais diferentes em sua construção.

De maneira geral existem dois modos de alimentar o biodigestor para a produção de gás via decomposição anaeróbia. Em um deles, o abastecimento de matéria orgânica é contínuo, não tendo controle da entrada de material para decomposição. O sistema com fluxo contínuo recebe e trata matéria orgânica, produz gás, acumula uma pequena parte sólida, e libera o efluente líquido. Normalmente o material sólido retido no biodigestor é pequeno, a retirada deste material, que é acumulado, podendo variar de acordo como o dimensionamento do projeto, e a frequência de utilização.¹⁹

O outro modo de abastecer o biodigestor é através de bateladas (descontínuo) de matéria orgânica. O material é introduzido de modo controlado, todo de uma vez. Deste modo

sabe-se a quantidade de matéria orgânica que entra no biodigestor e o aporte de água também é controlado, respeitando o dimensionamento do volume do biodigestor. Assim o sistema só recebe mais aporte de matéria orgânica após a retirada dos sólidos retidos no biodigestor. Posteriormente, em nova batelada, com reintrodução de material, se inicia um novo ciclo.²⁰

Um exemplo de aplicação prática neste estudo de caso levantado a partir de dados secundários, são os biodigestores do tipo residencial em Petrópolis. Cabe ressaltar que este projeto foi iniciado por representantes de tecnologias sociais através do “O Instituto Ambiental” (OIA) e depois expandido pelo poder público. A instalação dos biosistemas ocorreu em áreas com populações carentes e toda matéria orgânica convertida em biogás é disponibilizada para a população através de creches e outras instituições públicas da própria comunidade local.²¹

A prefeitura de Petrópolis outorgou a concessão à empresa Águas do Imperador no ano de 1998. A partir daí, os sistemas passaram a ser operados e construídos pela concessionária. Atualmente existem 10 biodigestores construídos na cidade de Petrópolis. São sistemas com diversos dimensionamentos, atendendo a um número diferente de pessoas. São capazes de atender aproximadamente até 3000 pessoas de uma só vez em um único sistema, dependendo do dimensionamento. Os Biodigestores foram

construídos em alvenaria com utilização de concreto e tijolos.²¹

A implementação de biodigestores trouxe melhor qualidade de vida para áreas descentralizadas, que antes não tinham acesso a este serviço, mesmo com muitas críticas no modo de implementação. Essa experiência demonstra como projetos de saneamento ecológico podem ser implementados para atender as populações de baixa renda, nos centros urbanos.

Contudo, este artigo apresenta a importância do envolvimento das comunidades atendidas para fomentar uma nova consciência crítica, o que ocorre pela implementação de projetos com envolvimento da população ao longo do processo, como abordado abaixo.

Discussão do estudo de caso

A comunidade do Vale Encantado é localizada no bairro do Alto da Boa Vista, na cidade do Rio de Janeiro, tem cerca de 116 pessoas habitando o local e possui 27 casas. A implementação dos biodigestores no Vale Encantado foi por ações que se originaram por solicitação dos próprios comunitários, através de parcerias, doações, verbas de editais entre outras fontes de patrocínio.

Não fez parte de um projeto de saneamento público nem mesmo inserido na pauta por alguma empresa que preste o serviço. Após projeto possui dois biodigestores do tipo

residencial, um do modelo chinês, com cúpula de fibra, e concreto, e outro com cúpula de alvenaria e concreto. O primeiro foi instalado para receber os restos de cozinha do restaurante da cooperativa da comunidade.²² Já o segundo foi construído e dimensionado para tratar todo o esgoto gerado na comunidade, até o momento foram interligadas 5 casas, por falta de verba.

No ano de 2014 a comunidade recebeu a doação de biodigestor, de uma ONG alemã chamada Solar Cities. O biodigestor foi construído para tratar os resíduos sólidos orgânicos gerados com os restos da cozinha do restaurante. Foi o primeiro passo para tentativa de solucionar o problema de saneamento da comunidade.²²

O biodigestor que trata os resíduos orgânicos do restaurante gera efluente líquido, que pode ser utilizado para jardinagem. Após a biodigestão o gás é gerado e armazenado para ser utilizado no restaurante da cooperativa. Sendo assim acontece uma retroalimentação, os restos de alimento do restaurante geram biogás para o restaurante, entretanto ainda é necessário complementar com gás de outras fontes (João, Associação do Vale Encantado, homem, 38 anos).

Porém, ainda não estava resolvido o tratamento do esgoto da comunidade. A ONG, junto ao departamento de Engenharia da Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), com financiamento da FAPERJ (Fundação

de Apoio a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro), conseguiu verba para a construção de um biodigestor na comunidade na tentativa de solucionar por completo o problema do saneamento.²²

As associações de moradores da comunidade do vale encantado, em conjunto com a ONG e os engenheiros envolvidos no projeto, decidiram o local mais adequado para a construção do biodigestor. O terreno utilizado é na comunidade perto da sua divisa com o Parque da Tijuca. O segundo biodigestor é utilizado para tratar o esgoto das casas do Vale Encantado, o mesmo foi construído somente com alvenaria e tijolos, na parte baixa da comunidade, em uma área desocupada, para poder receber todo o efluente por gravidade. O biodigestor é uma das etapas de tratamento, posteriormente o efluente que sai do sistema segue para a zona de raízes, responsável por tratar os patogênicos e impurezas do mesmo.²²

O beneficiário do gás extraído do sistema biodigestor é um morador muito participativo em todo o processo, além de estar mais próximo do biodigestor, facilitando a extração do gás obtido. Apenas 5 casas da comunidade foram atendidas e beneficiadas diretamente com o tratamento de esgoto (João, Associação do Vale Encantado, homem, 38 anos).

No entanto o projeto continua a ser tocado pela comunidade com pesquisadores, para garantir a sua finalização e interligação das demais moradias. Atualmente, busca-se novas formas

de financiamento para realização das obras. Cabe ressaltar que o restaurante e os dois biodigestores fazem parte do roteiro de turismo comunitário, trazendo essa relação de economia solidária, geração de renda e saneamento ecológico, com fechamento do ciclo de nutrientes.

Logo, esta forma de atuação, com envolvimento da comunidade, demonstra como os ganhos podem ir para além do saneamento em si, gerando pertencimento, participação social e novas interações.

Considerações Finais

Foi possível concluir que existe uma carência de estudos científicos sobre biodigestores, principalmente quando o sistema é utilizado para tratar esgotamento sanitário de populações vulneráveis, como zonas rurais e populações de baixa renda.¹⁰

Conclui-se sobre a importância de desenvolver ações no campo do saneamento, que promovam a construção de pontes entre a teoria e a prática, como a metodologia de pesquisa-ação. A partir do uso de tecnologias sociais, com envolvimento da comunidade e dos diversos atores locais, pode-se difundir a utilização dos biodigestores para solucionar a ineficiência do saneamento e promover a saúde coletiva, principalmente em áreas rurais e periurbanas.

Foi possível constatar a possibilidade de tratar esgoto sanitário de pequenas comunidades de forma descentralizada, gerando ganho social, promoção da saúde, tratando de forma ecologicamente correta o esgoto sanitário. Ainda se verificou que essas ações podem partir do Poder Público ou de Parcerias Público-Privado, como o caso de Petrópolis da empresa Águas do Imperador ou da comunidade, como o caso do Vale Encantado.

Referências

¹Lei N° 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 08 jan. 2007.

²Machado GCXMP, Haguenaer C, Ruprecht T, Sobrinho FX, Gallo E. Ecological Sanitation: A Territorialized Agenda for Strengthening Traditional Communities Facing Climate Change. In: Leal Filho W, Freitas LE, org. Climate Change Adaptation in Latin America: Managing Vulnerability, Fostering Resilience. 1.ed. Springer International Publishing; 2018. p. 103-129.

³Fachini V, Silva ACF. Estação biológica de tratamento de dejetos humano: manual de construção. Org. Instituto Terra Brasilis: Belo Horizonte; Brasília: FBB; 2003.

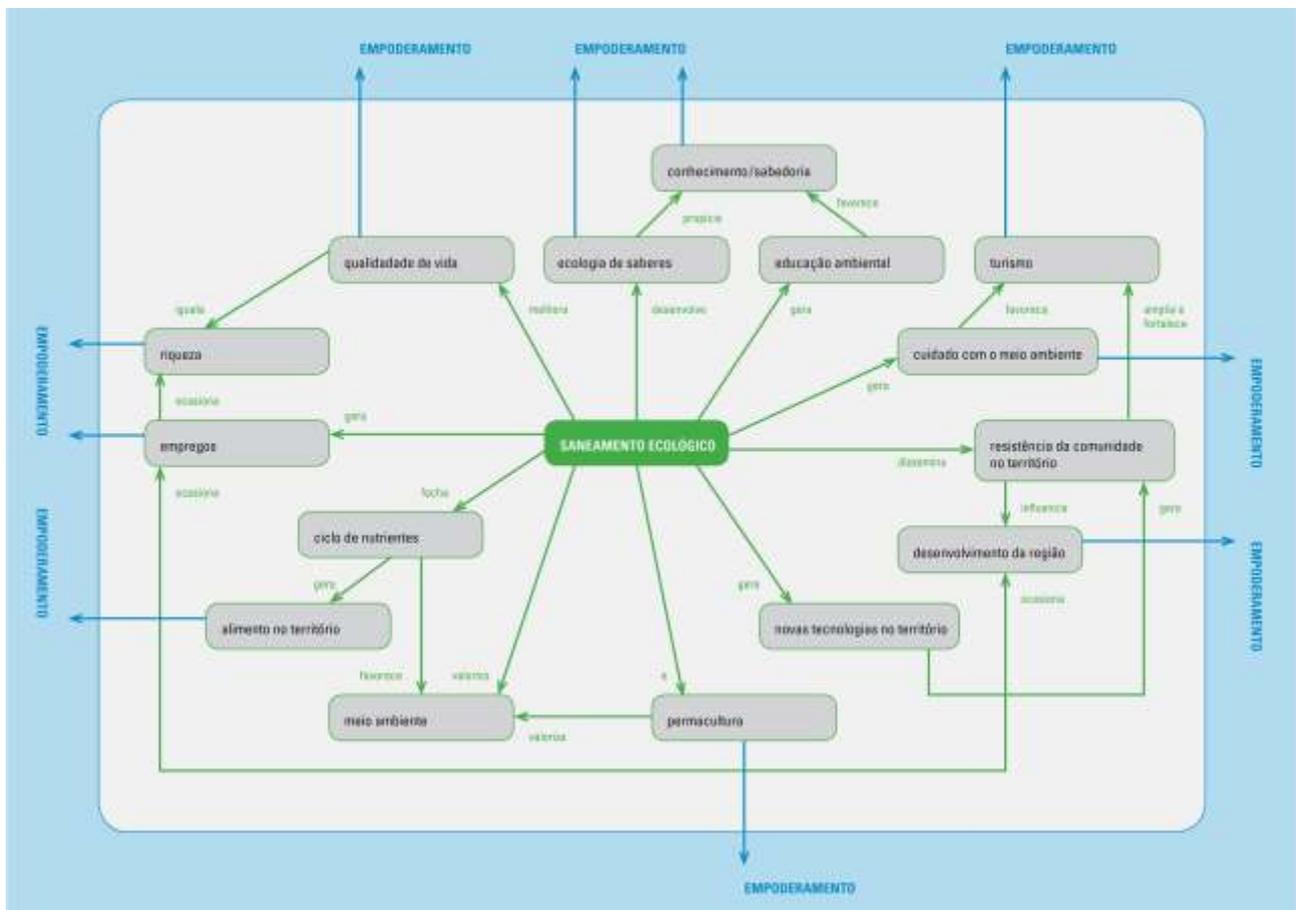
⁴Fonseca JJS. Metodologia da pesquisa Científica Universidade Estadual do Ceará; 2002. [Internet] Fortaleza, UEC, 2002. [citado 6 dez 2017] Disponível em: [http://leg.ufpi.br/subsiteFiles/lapnex/arquivos/files/Apostila_METODOLOGIA_DA_PESQUISA\(1\).pdf](http://leg.ufpi.br/subsiteFiles/lapnex/arquivos/files/Apostila_METODOLOGIA_DA_PESQUISA(1).pdf).

⁵Silva Triviños A. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas; 1987.

⁶Bonatti M, Sieber S, Schlindwein SL, Lana MA, Vasconcelos ACF, Gentile E, Boulanger JP, Plencovich MC, Malheiros TF. Climate vulnerability and contrasting climate perceptions as an element for the development of community adaptation strategies: case studies in Southern Brazil. Land Use Policy. [Internet] Elsevier; 2016. p. 114–122. [citado 16 jan 2018] DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.033>

- ⁷Morosini L. Reflexo das desigualdades. Saneamento é básico, Rio de Janeiro. Radis Comunicação Saúde [Internet]. 2015;154:16-26. [citado 20 set 2017] Disponível em: http://www6.ensp.fiocruz.br/MOROSINI/sites/default/files/MOROSINI_154_web.pdf.
- ⁸Programa Nacional de Saneamento Rural. Apresenta informações sobre os eixos estratégicos do PNSR [Internet]. [citado 15 jul 2018] Disponível em: <http://pnsr.desa.ufmg.br/pnsr/>
- ⁹Gallo E, Setti AFF, Ruprecht T, Sobrinho FX, Finamore P, Shubo T, Machado GM. Territorial Solutions, Governance and Climate Change: Ecological Sanitation at Praia do Sono, Paraty, Rio de Janeiro, Brazil. In: Leal Filho W, Azeiteiro UM, Alves F, org. Climate Change and Health: improving resilience and reducing risks. Springer International Publishing; 2016. p. 515-532.
- ¹⁰Fonseca AR. Tecnologias sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil [dissertação]. Rio de Janeiro: ENSP-Fiocruz; 2008.
- ¹¹Costa AB, org. Tecnologia Social e Políticas Públicas. São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil; 2013.
- ¹²Hu M, et al. Constructing the ecological sanitation: a review on technology and methods. J Cleaner Production. 2016 Jul; (125):1–21.
- ¹³Werner C. Ecological sanitation: Principles, technologies and Project examples for sustainable wastewater and excreta management. Desalination. 2009 Nov; (248):392–401.
- ¹⁴Mattos LC, Júnior MF. Manual do Biodigestor Sertanejo. Recife: Projeto Dom Helder Câmara; 2011.
- ¹⁵Proença CA. Biodigestor: uma solução alternativa para o saneamento [trabalho de conclusão de curso]. Rio de Janeiro: ENSP-Fiocruz; 2018.
- ¹⁶Schulz F. Biodigestão anaeróbia da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos [dissertação]. São Leopoldo: UVRS; 2015.
- ¹⁷Palhares JCP. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos: aprendendo com o passado para entender o presente e garantir o futuro [Internet]. 2008. [citado 30 dez 2017] Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_1/Biodigestao/index.htm.
- ¹⁸Lengen JV. Manual do Arquiteto descalço. Rio de Janeiro: Empório do Livro; 2004.
- ¹⁹Zachow CR. Fontes Alternativas de Energia - Biogás. Panambi: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul; 2000.
- ²⁰Soares RC, Da Silva SRCM. Evolução Histórica do Uso de Biogás como Combustível. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFT: Cuiabá, 2010.
- ²¹Águas Do Imperador. Desenvolvido pelo Grupo Águas do Brasil. Apresenta informações sobre a implantação de biodigestores [Internet]. [citado 9 jan 2018] Disponível em: <http://www.grupoaguasdobrasil.com.br/aguas-imperador/a-concessionaria/>
- ²²Adler L. Science meets Practice. In: International Conference Progress in Biogas IV. University of Hohenheim. March, 2017.

Figura 1. Diagrama com impactos positivos do Saneamento Ecológico na Praia do Sono.²



Submissão: 10/08/2018

Aceite: 03/10/2018