

## II-606 - AVALIAÇÃO DO USO DE TANQUES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO COMO ALTERNATIVA PARA O SANEAMENTO RURAL NO BRASIL

**Pablo Soares de Alvarenga Costa** <sup>(1)</sup>

Engenheiro Agrícola pela Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense.

**Marcos Alexandre Teixeira** <sup>(2)</sup>

Engenheiro Agrícola pela UNICAMP, Lotado no Dep. de Eng. Agrícola e do Meio Ambiente – Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense.

**Endereço** <sup>(2)</sup>: Rua Passo da Pátria 156, Niterói-RJ - CEP 24.210-240, Brasil - <http://www.ter.uff.br/> - e-mail: marcos\_teixeira@id.uff.br / marcosateixeira@uol.com.br

### RESUMO

A formulação de Programas de Saneamento Básico Rural tem por objetivo a melhoria das condições sanitárias de populações rurais e/ou periféricas; promovendo ações, obras e serviços prioritários, de forma a mitigar impactos ambientais e promover mudanças no tecido sociais. Uma opção pouco explorada é o uso de Tanques de Evapotranspiração (TEvap), uma proposta alternativa de saneamento sustentável para coleta, tratamento e disposição do esgoto domiciliar, que busca a aceitação pela população. Para ilustrar a aplicação, foi adotado o município de Itabira em Minas Gerais (saneamento aquém do desejável, baixa densidade demográfica na área rural, difícil instalação de rede coletora, entre outras), com o TEvap como uma alternativa de tratamento, minimizando os impactos, com disposição adequada do esgoto doméstico, prevenção de doenças, além do benefício da agricultura familiar com o plantio de culturas no TEvap (em especial frutíferas). As condições locais foram levantadas e o pré-dimensionamento efetuado, elaboração de um planejamento construtivo e confecção de uma cartilha para pequenos agricultores de Minas Gerais. Os principais parâmetros são: evapotranspiração total anual e o coeficiente K<sub>tevap</sub> (para Itabira 2,71). Os resultados englobam um desenho de projeto para orientar a execução e cartilha direcionada aos profissionais da área sanitária, nos moldes da SuSanA- Sustainable Sanitation Alliance. A previsão de custo foi de aproximadamente R\$ 2.000,00 (p/2014), sendo a construção participativa com utilização de materiais de construção obtidos in loco, dentro de uma proposta de minimização de custos. Para a fase de disseminação, foi proposto um roteiro e consulta a fontes de informações, de maneira a nortear as etapas de construção da estrutura de um programa de saneamento rural, que propõe a utilização de metodologias participativas para a disseminação de tecnologias apropriadas; no que materializa a construção de uma alternativa eficaz para solução da problemática do tratamento de esgoto em comunidades rurais no Brasil. Para a apropriação por parte da comunidade alvo do programa, faz-se necessário o empoderamento dos atores locais, a exemplo dos (as) professores (as) do ensino primário, que podem formar um elo entre as famílias rurais e os técnicos responsáveis pelo projeto, utilizando como ferramenta de disseminação, material dirigido aos alunos em formato de cartilha (formato gibi), com uma linguagem apropriada a filhos de agricultores e moradores rurais, que aborde de forma inclusiva a proposta da construção de Tanques de Evapotranspiração em regime de cooperação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Saneamento Rural, Saneamento sustentável, Tanque de evapotranspiração, Estratégias de Implementação, Metodologia participativa.

### INTRODUÇÃO

Historicamente, no Brasil, os investimentos na área de saneamento básico estiveram concentrados em políticas voltadas para os grandes centros, com menor atenção às zonas rurais e pequenos municípios, o que trouxe como consequência, impactos ambientais e problemas de saúde pública a população que não tem acesso a esses serviços (PIRES, 2012).

No âmbito brasileiro, a população rural responde por cerca de 15% (IBGE, 2011), sendo que cerca de 25% desta população vivem em pobreza extrema (GLOBO, 2011). Os principais problemas enfrentados dizem respeito à falta de capacitação para investimento em atividades agrícolas, questões de saúde e ausência de serviços públicos básicos. A universalização dos serviços públicos em localidades rurais tem sido um tema

amplamente discutido devido aos obstáculos, limitações e questões político institucionais enfrentadas (SAMPAIO, 2013).

Com base numa retrospectiva do saneamento rural no Brasil, e sua tendência em repetir, numa escala menor, as soluções em uso para os sistemas urbanos (redes coletoras e estações de tratamento centralizadas); o artigo faz uma análise da aplicabilidade de uma tecnologia com pouco uso no Brasil para o tratamento de águas negras, o uso de Tanques de Evapotranspiração (TEvap). Os TEvap são uma proposta alternativa de saneamento sustentável para coleta, tratamento e disposição do esgoto domiciliar em especial nas zonas rurais, geralmente com baixa densidade demográfica, onde se torna ainda mais difícil a instalação de serviços de coleta coletiva do esgoto, sendo assim, o TEvap se torna uma alternativa de tratamento para esta realidade de grupos restritos de usuários dispersos geograficamente, no que a EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária preconiza o uso de Fossas Sépticas Biodigestoras.

Há uma busca por soluções de saneamento sustentável, desenvolvido por diversas iniciativas internacionais e nacionais, principalmente em apoio às áreas rurais, a exemplo da rede internacional Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA) e a Rede Nacional de Capacitação Extensão Tecnológica em Saneamento (ReCESA), como exemplos de contribuição para desenvolvimento de materiais didáticos que visam capacitar profissionais a operação, manutenção e gestão de sistemas de saneamento (SNSA, 2014), além de difundir novas tecnologias sustentáveis.

Nesse trabalho foi realizada uma coletânea de informações sobre tecnologias de tratamento e disposição do esgoto sanitário adequado para a realidade rural brasileira, com especial foco, em identificar tecnologias desenvolvidas e casos de sucesso que poderiam ser propostos em regiões semelhantes como parte de planos de gestão de bacias hidrográficas e políticas públicas, tendo em vista a minimização dos danos ambientais decorrentes da inadequada disposição dos esgotos sanitários (LARSEN, 2010).

Desta forma, este trabalho procurou identificar as condicionantes e desenhar uma solução de saneamento sustentável, aplicáveis para a região de Itabira – MG, com foco na área rural e a realidade da agricultura familiar brasileira, sendo que uma delas foi o TEvap, como alternativa que alia a vocação agrícola à destinação final do efluente, se caracterizando pelos benefícios ao meio ambiente, com a minimização dos impactos através da disposição adequada do esgoto doméstico, e ao usuário, com a prevenção de doenças, além do benefício da agricultura familiar com o plantio de culturas no TEvap (em especial frutíferas).

Tendo em vista o cenário da população rural brasileira, soluções sustentáveis de saneamento poderiam contribuir na melhoria das condições de saúde, aumentando a oferta de serviços públicos adequados. Os tanques de evapotranspiração (TEvap), propõem um tratamento para as águas negras domiciliares, associado a reutilização de água dentro de uma sistemática de cultivo de espécies vegetais, cuja produção pode ser consumida pela própria família que opera o sistema (GALBIATI, 2009). O fato de o sistema operar de uma forma fechada, sem extravasamento, além de não necessitar de ações de operação outras além de cuidar das culturas plantadas no seu interior, o que torna o TEvap um sistema sustentável.

A técnica do TEvap consiste em favorecer a digestão das águas negras, provenientes de vasos sanitários, com a recuperação dos nutrientes pela vegetação que ocupa a parte superior do tanque, proporcionando uma fonte de alimentos para a família. A técnica proposta por permacultores consiste na construção de um tanque retangular enterrado, sendo esse impermeabilizado, não permitindo a percolação do líquido interior ao tanque; uma câmara de recepção de pneus inservíveis disposta na parte inferior tanque, seguida com o preenchimento do tanque por camadas superiores de substratos (brita, areia e solo), onde são plantadas espécies vegetais de alta demanda de água.

O modelo de fossas sépticas preconizado pela EMBRAPA tem como princípio a instalação de um sistema de tanques subterrâneos, sem retorno para o agricultor; enquanto que no TEvap há o respeito à vocação do uso do solo como unidade produtiva, o que valoriza a prática agrícola ao mesmo tempo em que proporciona um retorno ao agricultor.

A metodologia de dimensionamento adotada para o TEvap baseia-se no equilíbrio do volume de águas negras, a câmara de digestão, a área superficial onde esta está inserida, para que os nutrientes sejam absorvidos pelas plantas e a água restante (pós digestão) seja evaporada e/ou utilizada pelas plantas (evapotranspirada).

Equacionando, de forma que, de um lado tenhamos o número de pessoas contribuintes e de outro tenhamos as condições climatológicas do local (representada pela evapotranspiração anual), torna-se possível determinar o comprimento e largura do tanque para um determinado local. O dimensionamento é justificado pela: mínima ou ausência de geração de resíduos finais; alta eficiência na remoção de matéria orgânica, DBO e DQO e sólidos suspensos totais; e custos reduzidos de construção e manutenção.

Como parte dos resultados, uma análise das ações recentes de saneamento rural no Brasil foi feita, indicando áreas onde – na carência de ações consolidadas de implementação de novos sistemas de saneamento – em função dos parâmetros técnicos que apontam a maior eficácia no uso do TEvap, a elaboração de plano de ação, em termos de política pública de saneamento, que possa indicar regiões e populações que melhor poderiam se beneficiar da inclusão desta tecnologia como parte da política para a universalização do tratamento das águas residuárias no Brasil.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **PRIMEIRA ETAPA: Determinação da viabilidade técnica**

Como parte dos trabalhos foi feito um estudo de caso para a região rural das Minas Gerais, do município de Itabira, e que atendam à realidade das famílias de pequenos agricultores, para onde foram desenvolvidos: diagnóstico da região, identificando os fatores determinantes para dimensionamento de uma alternativa sustentável de saneamento rural; análise das opções de saneamento disponíveis via estudos de caso, adequadas ao meio em que serão inseridas, incluindo aspectos construtivos e análise de custos na construção; dimensionamento da opção identificada como projeto padrão para a região alvo do presente estudo; e elaboração de material de divulgação e disseminação da(s) opções identificadas.

O órgão do Governo Federal responsável pela implementação de ações de saneamento em áreas rurais no Brasil é a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2014). O esgotamento sanitário em área rural é crítico no Brasil, tendo somente 5,7% dos domicílios ligados a redes de esgotos, 20,3% utilizam o tratamento por fossa séptica e 74% dos domicílios depositam os dejetos em fossas rudimentares, cursos d'água ou a céu aberto (ODM, 2010).

Sistemas coletivos de coleta e tratamento de efluentes domésticos se mostram inviáveis em zonas rurais pelo fato da maioria das residências estarem distante umas das outras (PIRES, 2012), tendo em vista esse fato, é importante uma leitura mais descentralizada do saneamento, adotando modelos que atendem melhor coletivamente e outros que por diversos fatores atendem melhor isoladamente (PHILLIPI apud. PIRES, 2012).

Tendo em vista as dificuldades para o esgotamento sanitário rural, tecnologias alternativas sustentáveis são necessárias para apoio ao atingimento das metas do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) que visam alavancar os baixos índices de domicílios servidos por sistemas de coleta e tratamento do esgoto doméstico (SNSA, 2013).

Alguns sistemas de esgotamento são amplamente utilizados e comumente citados em literaturas, dentre os quais, estarão descritos alguns destes com o intuito de caracterizar os princípios de construção, utilização, manutenção e aspectos positivos e negativos inerentes a cada sistema a exemplo de:

- Fossa Negra - Segundo o manual do saneamento da Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2006), a fossa negra é um buraco a menos de 1,5 metros do lençol freático, cujo emprego deve ser evitado, dada provável contaminação das águas subterrâneas. Sistema de disposição amplamente discutido pelos seus aspectos negativos, ocasionado problemas: ao meio ambiente, saúde e qualidade de vida; contaminando rios, produzem mau cheiro, disseminam doenças e proliferam insetos e roedores. Estão sendo substituídas por sistemas sustentáveis, com projetos como do Banco do Brasil, com a tecnologia Social, que visa instalar fossas sépticas biodigestora (FUNASA, 2014).
- Fossa séptica biodigestor - Alternativa de tratamento de efluentes do vaso sanitário, desenvolvida pela Embrapa tem dois objetivos principais segundo Novaes et al.(2002): substitui os modelos de disposição de esgoto (a céu aberto e fossas rudimentares), evitando com isso contaminação de águas

subterrâneas e da população que tem contato, a um custo barato para os produtores; e produz adubo orgânico líquido, através do efluente final gerado, minimizando gastos com adubo químico. Apresenta uma técnica simples e de fácil construção. Consiste basicamente de três caixas d'água, tipo cimento amianto ou plásticas de 1000 l, enterradas e ligadas entre si, onde a primeira ira receber o esgoto dos vasos sanitários; a primeira caixa é preenchida com uma mistura de 50% de água e 50% de esterco fresco, o que se deve repetir todo mês para se manter a eficiência na biodigestão; a terceira caixa pode ser projetada como filtro com intuito de remover matéria orgânica, através de camadas de britas e areia. Com base em experimentos conduzidos por Novaes et al. (2002), é possível a reutilização do efluente que pode ser tomada como fonte de matéria orgânica e nutriente para plantas, além de ser uma alternativa de baixo custo, é interessante para o desenvolvimento da agricultura de base familiar.

- Fossa Séptica - Unidades complementares que realizam o tratamento primário do esgoto, as fossas sépticas são fundamentais no combate de doenças, verminoses e endemias, pois evitam lançamento do esgoto diretamente no solo e/ou recursos hídricos, sendo essencial para melhoria da qualidade de vida (CAESB, 2014), sendo descrita como um tanque enterrado que recebe esgotos, retendo partes sólidas por um tempo determinado com o objetivo de sedimentar e transformar bioquimicamente em substâncias menos poluentes (JUNIOR & NETO, 2011). Segundo a (ABNT, 1993), a distância mínima a qualquer ponto de rede de abastecimento pública deve ser de 3 m e de 15 m a poços freáticos e corpos de água de qualquer natureza. O dimensionamento é realizado conforme a quantidade de habitantes na residência e do consumo per capita, assim como todas as condições gerais e específicas de projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos estão normatizados em (ABNT, 1993). A construção do tanque deve respeitar as normas aplicáveis (CAESB, 2014), podendo ser ligadas a outros dispositivos de destinação do efluente final do tratamento. Outras destinações pós-tratamento primário em fossa séptica são as distribuições dos efluentes no solo, que pode ser através de valetas de infiltração ou sumidouros, sendo a última muito utilizada em meio rural.
- Banheiro Seco Comportável - Tecnologia consagrada em diversos países como, Estados Unidos, Canadá, Suécia, Noruega, Inglaterra, Nova Zelândia e Austrália, a técnica consiste na utilização da compostagem para tratamento e higienização (eliminação dos agentes patogênicos) dos dejetos humanos, podendo com isso minimizar ou até mesmo deixar de utilizar a água para transporte, armazenamento e tratamento dos dejetos humanos (ALVES, 2009). Ele traz consigo benefícios como a não utilização de água, um recurso finito, além de conservar do ambiente onde os dejetos seriam naturalmente depositados com a ausência do sistema. Segundo Almeida et al.(2010) consiste em duas unidades básicas, sendo “[...] um local para sentar e outro para armazenar as excretas [...]”, todo o processo de degradação ocorre no local de armazenamento. Faz se necessário a instalação de um tubo de ventilação para impedir o surgimento de odores e favorece o processo de degradação. O sistema faz o uso de ciclos biológicos para o tratamento das excretas tornando assim um sistema sustentável (HERNÁNDEZ, 2006 apud. ALMEIDA et al., 2010). Na Tabela 1 estão apresentadas as vantagens e desvantagens segundo Martins (2007).

**Tabela 1 – Vantagens e desvantagens do banheiro seco. Fonte: MARTINS, 2007.**

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Economia de água e de dinheiro	Requer educação para o seu uso
Simplicidade na construção	Necessita de adição de material orgânico seco
Fonte de Fertilizante	O tratamento dos dejetos requer tempo e conhecimento técnico
Divulgação do sistema de saneamento alternativo e ecológico	Requer aceitação cultural
Tecnologicamente simples e fácil de ser replicada	

Segundo conclusões de Almeida et al. (2010), o banheiro seco é adequado como alternativa para comunidades rurais, pois culturalmente possibilita a manutenção de costumes e disponibiliza um adubo orgânico de qualidade para uso interno, além, de evitar a contaminação de recursos hídricos contribuindo com a dinâmica das comunidades.

Para o desejado sucesso desse sistema é necessário que a comunidade tenha autonomia sobre o processo, pois, “quando as pessoas são capazes de construir, manter e adquirir os diversos sistemas e recursos envolvidos na dinâmica da propriedade a aceitação, a facilidade a autoestima aumentam [...]”, traduzindo em felicidade e qualidade de vida a população segundo Almeida et al.(2010).

### **Tanque de Evapotranspiração**

Dentre as tecnologias de coleta, tratamento e disposição de efluentes domésticos, uma alternativa aos modelos convencionais comumente utilizados no Brasil, é a tecnologia do Tanque de Evapotranspiração (TEvap), nomeado de Watson Wick pelo idealizador, o permacultor americano Tom Watson, esse sistema recebeu diversas denominações no Brasil como fossa verde ou canteiro biossético pelo Grupo Hidrosed (2013), fossa evapotranspiradora, *evaporationbed system* (MORAES et al. 2008 apud. PIRES, 2012) e tanque de evapotranspiração (GALBIATI, 2009), sendo essa última denominação adotada como referência para o presente trabalho.

Técnica proposta por permacultores para tratamento domiciliar de águas negras onde Galbiati (2009) caracteriza como, um tanque retangular impermeabilizado preenchido por camadas de substratos, onde espécies vegetais que com alta demanda de água e rápido crescimento são plantados. O funcionamento do sistema descrito por Galbiati (2009) consiste na entrada do efluente na parte inferior do tanque pela câmara de recepção, onde permeia pelas camadas de materiais cerâmicos e pedras, locais onde ocorre a digestão anaeróbia do efluente. O processo segue com o acúmulo do volume de esgoto, as camadas superiores de brita e areia são preenchidas atingindo a camada acima de solo, onde, por ascensão capilar, chega a superfície, sendo a água evapotranspirada do sistema e os nutrientes incorporados a biomassa das espécies vegetais plantadas no TEvap.

Para o Grupo Hidrosed (2013), o processo “[...] enquadra-se na categoria de biorremediação vegetal [...] no qual as águas e os compostos nutricionais provindos do esgoto são reaproveitados pelas plantas”, sendo uma alternativa de tratamento para efluente domiciliar, onde a água é evapotranspirada e utilizada de modo consultivo pela vegetação.

Segundo Galbiati (2009), o sistema de tratamento por tanques de evapotranspiração quando dimensionado adequadamente minimizam a necessidade de pós-tratamento do possível efluente extravasado, pois em condições normais de funcionamento o efluente é absorvido em sua totalidade pelos vegetais plantados.

Dentre as plantas recomendadas para plantio nos tanques (VENTURI, 2004; MANDAI 2006 apud. GALBIATI, 2009), citam as seguintes espécies: bananas (*Musa* sp.); inhames e taiobas (*Colocasia* sp.); mamoeiro (*Caricacapaya*); ornamentais como copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*); maria-sem-vergonha (*Impatiens walleriana*); lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*); caeté banana (*Heliconia* spp.) e junco (*Zizianopsis bonariensis*), além de hortaliças como couve e tomateiro, devendo se evitar plantas que tenham raízes consumidas cruas e hortaliças rasteiras (conceito: “descascar para comer”). Essas plantas são recomendadas, devido sua adaptabilidade em ambientes úmidos (JUNIOR et al., 2013).

### **Análise de experiências com tanques de evapotranspiração no Brasil**

Com base em pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo, (incluindo entrevista com atores locais), foram identificadas casos de uso de tanques de evapotranspiração no Brasil, com fins de identificar, lições aprendidas, parâmetros chave para o dimensionamento, assim como melhores práticas.

Foi constatada a falta de literatura específica sobre o tema, ainda que diversos tanques de evapotranspiração tenham sido implantados nos Estados Unidos e Brasil (MANDAI, 2006; PAMPLONA & VENTURI, 2004 apud. PIRES, 2012), porém, poucos com o devido acompanhamento científico (GALBIATI, 2009).

Utilizamos a base teórica citada nas literaturas, por Prof. Dr. José Carlos de Araújo, Mestra Adriana Farina Galbiati e Mestre Felipe Jacob Pires para realização da análise de experiências. O TEvap foi estudado em regiões distintas do Brasil, entre elas: Distrito Federal, Mato Grosso do Sul, Ceará e Minas Gerais, o que torna



a análise de comportamento dos sistemas em cada ambiente ser imprescindível, para a identificação de características comuns.

Com a análise dos trabalhos, foram identificados dois principais parâmetros para o dimensionamento do TEvap: o coeficiente do tanque (KTEvap), que relaciona a evapotranspiração real, com a evapotranspiração do TEvap (GALBIATI, 2009), assim como a quantificação da vazão de águas negras a serem tratadas.

### **Distrito Federal**

Foram observadas por Galbiati (2009), no Distrito Federal, cinco sistemas de tanque de evapotranspiração, tendo em comum o fato de serem preenchidos, em camadas, por entulho de obras, brita, areia e solo e tendo as características variáveis expressas na Tabela 2.

**Tabela 2 – Principais características de alguns Tanques de Evapotranspiração instalados no Distrito Federal. Fonte: Adaptado de Galbiati, 2009.**

Características	Valor observado				
Área x Profundidade (m)	12,5 x 1,0	9,0 x 1,0	16,0 x 1,0	4,0 x 1,0	17,5 x 1,2
Número de usuários	3	4	Eventual	2	Uso sazonal
Plantas	Bananeiras e Taioabas	Bananeiras	Bananeiras e Taioabas	Bananeiras	Diversas
Impermeabilização e material da câmara	Ferro-cimento e câmara de pneus	Ferro-cimento e manilhas perfuradas	Ferro-cimento e câmara de pneus	Sem impermeabilização e câmara de pneus	Lona plástica e câmara de pneus

Dentre as conclusões realizadas por Pires (2012) foram observadas grandes diferenças na relação usuário/área, tendo os sistemas 2 e 4 atribuídos uma relação 2 m<sup>2</sup> por pessoa. Galbiati (2009) relata, por meio de depoimentos, que apenas os sistemas 2 e 4 apresentaram extravasamento, em virtude de chuvas com formação de enxurradas, fato ocorrido pela ausência de barreiras laterais ao redor do tanque.

Os tanques projetados pelo Arquiteto e Permacultor Sérgio Pamplona tiveram um bom nível de satisfação pelos usuários, no que diz respeito à eficácia da tecnologia e facilidade de manutenção do sistema (GALBIATI, 2009).

Para as regiões onde foram implantadas os TEvap, observou-se uma evapotranspiração anual média de 2,7 mm/dia e total de 982 mm/ano (SENTELHAS et al. 1999). Pluviosidade anual total de 1392,8 mm/ano (MALAQUIAS, 2010).

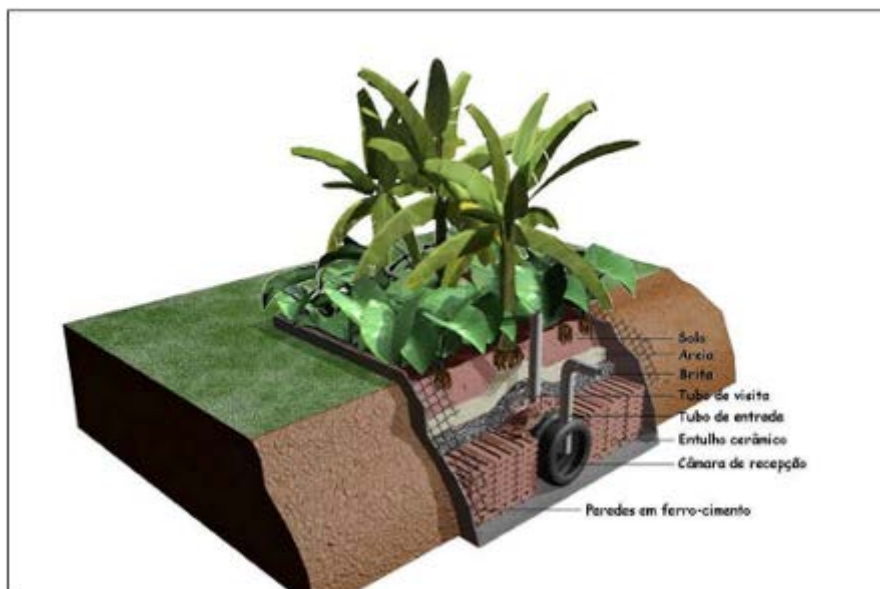
### **Mato Grosso do Sul**

Objetivada a determinar os critérios para dimensionamento e construção de tanques de evapotranspiração, Galbiati (2009) teve como referência a avaliação do funcionamento de um tanque construído na cidade de Campo Grande/MS, em área peri urbana, o desenho esquemático é mostrado na Figura 1.

O sistema estudado foi implantado em escala real em uma residência com dois moradores. Foram destinados ao TEvap apenas o esgoto do vaso sanitário – água negra. Sendo os critérios construtivos do sistema descritos por Galbiati (2009), com os principais pontos em destaque:

- Encaminhamento das águas cinza – pias e chuveiro – para uma fossa;
- TEvap montado em ferrocimento, sobre uma trincheira feita no solo, com fundo nivelado;
- Dimensões: 1 m de profundidade, 2 m de largura e 2 m de comprimento;
- Borda do tanque de 10 cm, acima do solo;
- Câmara feita com pneus usados alinhados longitudinalmente no fundo do tanque;
- Tubulação de esgoto posicionada dentro da câmara para a entrada dos dejetos;
- Camadas ordenadas de entulho cerâmico (45 cm), brita (10 cm), areia (10 cm) e solo (35 cm);
- Tubulação de drenagem para a saída de 50 mm, posicionada 18 cm abaixo da superfície do solo;

- Tubulação de 100 mm de PVC foi utilizada para instalação de piezômetro e na entrada e saída forma instaladas caixas para monitoramento do sistema e efluente final gerado;e
- A caixa de saída foi conectada a vala de infiltração, para disposição final do efluente eventualmente extravasado.



**Figura 1 – Corte em perspectiva do Tanque de Evapotranspiração. Fonte: GALBIATI, 2009.**

Quanto ao dimensionamento adotado por Galbiati (2009), alguns parâmetros importantes foram adotados, a evapotranspiração diária de referência média adotada foi de 4,36 mm/dia, onde o kTEvap adotado foi de 2,71 e a estimativa de consumo per capita médio foi de 32 l/dia. Para a região tem-se evapotranspiração anual total de 1591,4 mm/ano e pluviosidade total anual de 1405,2 mm/ano (GALBIATI, 2009).

Alguns cuidados sanitários foram citados por Galbiati (2009) na manutenção do TEvap, pois partes de plantas que tem contato com o solo no interior do tanque podem conter alto índice de coliformes, assim como, não se recomenda nenhum outro tipo de reuso para irrigação, do efluente final eventualmente gerado, apenas utilizando métodos de infiltração sub-superficial no solo ou encaminhamento para rede de esgoto (SANTOS & ATHAYDE JUNIOR, 2008).

Galbiati (2009), concluiu diante do resultado dos estudos que, os frutos e folhas comestíveis produzidas no TEvap, após higienização, podem ser consumidas.

Quanto ao dimensionamento do TEvap as conclusões realizadas por Galbiati (2009), propõem de 12 a 16 m<sup>2</sup> de área para uma família de 4 a 5 pessoas, desde que dispositivos de destinação de eventuais extravasamentos sejam implementados. Segundo as normas (ABNT NBR 7229, 1993), o eventual efluente gerado pelo tanque pode ser encaminhado a valas de infiltração, em locais que não há rede coletora de esgoto.

### Ceará

Em pesquisa conduzida no Assentamento Rural 25 de Maio, Madalena, Ceará, formado por treze comunidades e 586 famílias segundo Grupo Hidrosed (2013), o grupo de pesquisa HIDROSED que tem sede no departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (HIDROSED, 2012), teve como proposição construir fossas verdes (TEvap com uma geometria particular, mais retangular), a partir de um método participativo, no qual, viabiliza a disseminação dessa técnica alternativa ao mesmo tempo em que capacita a população à construção e manejo adequado do sistema (GRUPO HIDROSED, 2013).

O modelo de fossas verdes construídas no assentamento “[...] consiste na construção de uma vala de alvenaria impermeabilizada com dimensões variáveis, apresentando uma estrutura interna em forma de câmara onde os furos dos tijolos ficam inclinados em um ângulo de aproximadamente 30°” (GRUPO HIDROSED, 2013). A

área externa é preenchida por materiais porosos, como entulho, casca de coco e material terroso e em seguida são plantados os cultivos.

A evapotranspiração potencial na região do assentamento estudado pelo grupo de estudo HIDROSED é superior a 2000 mm anuais a evapotranspiração média diária é de 5,7 mm/dia, em uma região onde a pluviosidade média é de 692 mm anuais.

Submetidos à análise microbiológica, os cultivos produzidos nas fossas verdes apresentaram qualidade sanitária e com isso apto ao consumo humano. Com o intuito de viabilizar a construção e através da busca contínua por economia de recursos públicos, a construção participativa das fossas que era estimada inicialmente em R\$ 700,00 por módulo foi reduzida a R\$ 450,00 em média, podendo contribuir, até o momento da realização do trabalho por Grupo Hidroсед (2013), com a construção de 64 módulos no assentamento rural 25 de Maio.

### **Minas Gerais**

Com objetivo de construir e avaliar a potencialidade do desempenho do tanque de evapotranspiração no tratamento de águas negras, segundo parâmetros físicos, químicos e biológicos para o sistema de tratamento e para na contaminação de espécies vegetais, em termos microbiológicos (PIRES, 2012), realizou seu trabalho no assentamento rural Olga Benário, em Visconde do Rio Branco, MG.

A construção do sistema levou em consideração os estudos empíricos do Tom Watson com a indicação de 2 m<sup>3</sup> por pessoa, sendo alguns parâmetros pontuados abaixo, segundo Pires (2012):

- Profundidade adotada de 1,5 m, porém mantendo as proporções de volume indicadas por Tom Watson;
- Paredes dos tanques construídas com blocos de concreto, rebocadas com argamassa e finalizadas com impermeabilizante, deixando laterais de 19 cm acima do solo;
- A câmara decanto-digestora foi realizada utilizando uma técnica que consiste em lajotas cerâmicas posicionadas longitudinalmente sobre duas fileiras de tijolos maciços;
- Tubulação de entrada do efluente DN 100 mm, posicionada em uma das extremidades da câmara e tubulação de diâmetro de 50 mm, instalada na extremidade oposta e com diferença de nível de 10 cm em relação à tubulação de entrada; e
- Foram utilizadas camadas de pedra-de-mão (50 cm), brita nº1 (35 cm), areia média (35 cm) e solo tipo latossolo vermelho-amarelo (40 cm), ordenada de baixo para cima, como meio suporte e filtrante (Figura 2).





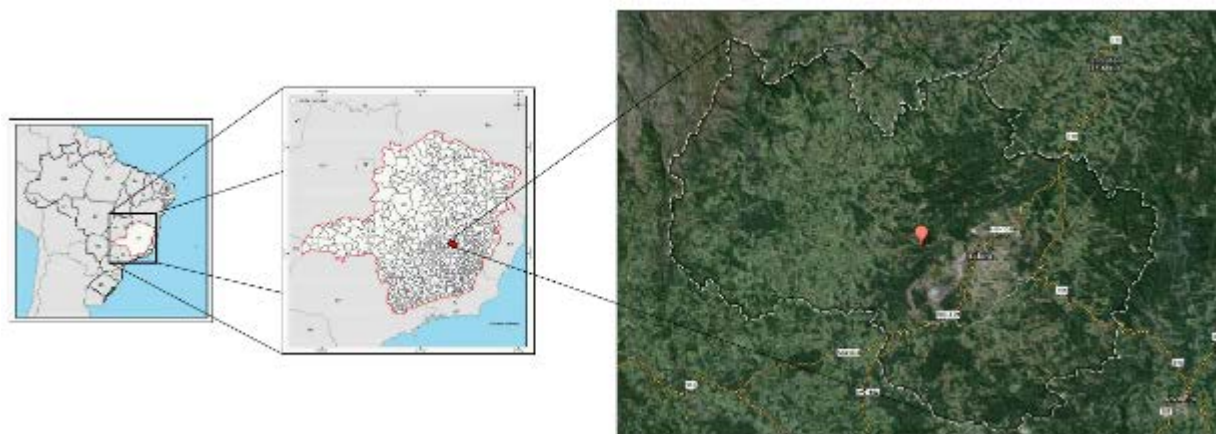
**Figura 2 – Passo a passo da construção participativa dos módulos de fossa verde no Posto de Saúde da comunidade Paus Branco, A25M. Fonte: Arquivos HIDROSED 2010 apud GRUPO HIDROSED, 2013.**

Dentre os resultados obtidos por Pires (2012), destacamos:

- Boa adaptação das mudas de banana-nanica e taioba, sob a rega diária inicial por 15 dias;
- O volume útil calculado representa 60% do volume total do tanque estudado;
- O volume de águas negras produzido foi experimentado e adotado como sendo de aproximadamente 10 l/hab dia;
- Alta eficiência na remoção de matéria orgânica, com médias de remoção, de 95% em relação à DBO e DQO e médias acima de 97% para remoção de sólidos suspensos totais;
- Alta taxa de evapotranspiração, com media de 68 l/dia, com ausência de extravasamento no período de monitoramento; e
- Para as regiões onde foram implantados os TEvap, observou-se uma evapotranspiração anual média de 2,4 mm/dia e total de 888 mm/ano (SENTELHAS et al. 1999). Pluviosidade anual total de 1.221,4 mm/ano (PIRES, 2012).

## RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

O presente projeto foi proposto para o município de Itabira, Minas Gerais (Figura 3), estando localizada na região Central do estado de Minas Gerais, sua sede se encontra na latitude sul 19° 37' 09" e 43° 13' 37" longitude oeste. Possui uma área de 1.254,49 km<sup>2</sup>, sendo 1.193,48 km<sup>2</sup> (95,14%) e 61,01 km<sup>2</sup> (4,86%) distribuídos em zona rural e urbana respectivamente, segundo Carvalho & Brasil (2009). O município é constituído por três distritos, a sede Itabira, Ipoema e Senhora do Carmo (IBGE, 2014), a localização geral da região pode ser vista na Figura 3. Itabira é também conhecida por Cidade de Ferro, onde a Companhia Vale do Rio Doce teve sua origem em 1942 e também conhecida por "cidade da poesia", por ser a terra natal de Carlos Drummond de Andrade.



**Figura 3 – Localização do município de Itabira, MG. Fonte: Google Earth, 2014.**

Os limites do município são Santa Maria de Itabira, Itambé do Mato Dentro, Nova União, Bom Jesus do Amparo, Bela Vista de Minas, João Monlevade, São Gonçalo do Rio Abaixo, Nova Era e Jaboticatubas (IBGE, 2014). O município é privilegiado pela quantidade de corpos hídricos em seu território, favorecida por sua geologia, geomorfologia e pedologia (ACHMG, 2014). Itabira tem território dividido entre as bacias hidrográficas do rio São Francisco, com cerca de 60% e rio Piracicaba, com cerca de 40%, estando as duas bacias contribuindo para a bacia do rio Doce (SILVA et al. 2010).

A população total de Itabira em 2010, segundo IBGE (2010), era de 109.783 habitantes, sendo a população residente rural de 7.467 habitantes, o que equivale a 6,8% da população total do município. O clima da região é considerado do tipo Cwa, que se caracteriza por inverno seco e verão chuvoso ou tropical de altitude segundo Carvalho & Brasil (2009), o valor médio de temperatura é de 20,3° C sendo a máxima registrada de 38,2°C em abril de 1929 e a mínima em julho de 1926 com -0,4°C. Ainda segundo Carvalho & Brasil (2009), a média de precipitação anual é de 1.407,1 mm, conforme medições realizadas entre os anos de 1967 e 2008, sendo a chuva concentrada principalmente entre os meses de outubro e fevereiro (SAAE, 2005 apud. ACHMG, 2014).

No diagnóstico do município de Itabira, constatamos a importância da preservação do ecossistema presente, principalmente no que diz respeito aos corpos hídricos, tendo em vista que a região passa por gradativas agressões, alterações e comprometimento ao ecossistema e qualidade de vida da população (DIAS et al., 2009), devido ao histórico da atividade mineradora na região.

Os serviços de saneamento básico de Itabira são responsabilidade da Itaurb e SAAE- Itabira. A Empresa de Desenvolvimento de Itabira Ltda. (Itaurb) criada em 1985, é considerada referência no Brasil no trabalho de limpeza pública do município de Itabira, tendo como responsabilidade, a varrição, capina, coleta e destinação dos resíduos produzidos no município.

A região urbana de Itabira conta com uma boa infraestrutura de saneamento básico, providos pela Itaurb, nos serviços de coleta de resíduos e SAAE-Itabira no abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto, sendo esse, destaque nacional pelas práticas Inovadoras em Revitalização de Bacias Hidrográficas. No entanto a região rural se encontra com déficit de saneamento adequado, onde cerca de 57% da população não é atendida com esgotamento sanitário (SNIS, 2014), assim essa região se torna uma área propícia à implementação de alternativas de saneamento sustentáveis devido ao grande número de veia hídricas em seu território, o que vem a contribuir para programas de despoluição e conservação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas.

Atualmente programas de coleta seletiva, como a coleta de pneus irreversíveis, e instalação de gaiolas coletoras em zonas rurais (ITAURB, 2014) são os destaques. A série histórica do SNIS indica que no ano de 2011 a população total atendida pela coleta de resíduos sólidos foi de 107.343 habitantes, sendo 65% do total com frequência de atendimento de 2 ou 3 vezes na semana, 30% com frequência diária, e 5% atendidos 1 vez por semana (SNIS, 2011).

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabira (SAAE) é uma autarquia municipal criada em 1955, responsável pelos sistemas de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto sanitário do município de Itabira/MG. Segundo SNIS (2014), em 2011, o município quantificava 218,73 Km de rede coletoras de esgotos, onde nesse mesmo ano 4.831.490 m<sup>3</sup> foram coletados e 2.522.190 receberam tratamento pela SAAE-Itabira, tendo um índice de tratamento de 52,22%, atendendo 98.563 habitantes. No que diz respeito aos serviços ao abastecimento de água prestado pela SAAE-Itabira, o índice de atendimento urbano é de 98,7%, que tem produção per capita de 150,6 l/hab./dia (SNIS, 2011).

A propriedade rural típica, como parte do esforço para definir o sistema, é necessário estimar o volume dos desejos provenientes de vasos sanitários, no que devemos definir uma família padrão que melhor represente o recorte regional, englobando aspectos tais como: número de domicílios rurais, população que não é atendida com sistemas de esgotamento sanitário adequados, renda média das famílias rurais, grau de escolaridade da população rural, e número de pessoas por domicílio.

O universo de domicílios particulares permanentes segundo o IBGE (2010) é de 2.249 habitações. O total de população residente rural é de 7.467 habitantes. Quanto ao saneamento ambiental, um indicador social, as condições do saneamento rural se encontram bem aquém, comparadas a zona urbana de Itabira, que possuem 94,2% dos domicílios em condições adequadas. A zona rural possui apenas 2,7% dos domicílios em condições adequadas e cerca de 54% considerados em condições inadequados de saneamento, segundo IBGE (2010).

O SAAE-Itabira responsável pela prestação de serviço de água e esgoto tem uma grande abrangência em coleta de esgoto no município atendendo 98.563 habitantes, sendo 95.351 urbanos segundo dados de 2011 do SNIS (2014), atendendo a 92,5% da população urbana e 42,7% da população rural, ou seja, 3.212 habitantes rurais.

A faixa etária predominante no meio rural é de 30-39 anos. Contrapondo ao menor percentual de residentes rurais observamos uma porcentagem elevada de área rural, cerca de 95% da área total do município, segundo Carvalho & Brasil (2009), gerando uma densidade demográfica bem inferior à urbana.

No que diz respeito à renda média das famílias rurais de Itabira, o censo do IBGE (2010) fornece o valor de R\$ 1.286,76 / mês para o rendimento médio mensal dos domicílios particulares rurais, o valor é próximo ao rendimento nominal mediano de R\$ 1.020,00 / mês, o que confere simetria entre os rendimentos. O rendimento médio per capita é de R\$ 511,41 / mês, como isso, a população rural pode ser enquadrada como sendo do grupo D em média, segundo classificação da CPS/FGV.

O nível de escolaridade é importante para definição da melhor estratégia de veiculação das informações. Segundo o DATASUS (2010), o percentual de analfabetismo na zona rural de Itabira é de 18,3%. Dentre os 5532 habitantes de 15 anos ou mais, 1013 não são alfabetizados.

Para definirmos a família padrão da região rural de Itabira o censo do IBGE (2010) foi consultado. A relação do número de componentes das famílias residentes em domicílios particulares rural está expressa na Tabela 3

**Tabela 3 – Número de componentes famílias residentes em domicílios particulares das famílias – Zona Rural de Itabira, MG. Fonte: IBGE, 2010**

Número de Componentes das Famílias	Famílias Residentes em domicílios particulares	Total de residentes em domicílios particulares por número de componentes
2 pessoas	642	1284
3 pessoas	606	1818
4 pessoas	412	1648
5 pessoas	269	1345
Mais de 5 pessoas	145	1372
Total	2074	7467

O resultado do diagnóstico das propriedades rurais de Itabira fornece subsídio para a caracterização de uma família rural típica. Conforme definido, algumas características e indicadores se tornam essenciais para a

caracterização da propriedade rural típica de Itabira, devido ao grau de importância na elaboração de uma estratégia de saneamento rural sustentável às famílias e estão descritas abaixo:

- Número de componentes por família: 4 pessoas;
- Consumo per capita de água: 150l/hab. dia;
- Volume de águas negras produzidas por habitante: 22,5 l/dia;
- Classe de Renda: Classe D com rendimento mensal médio de R\$ 1.286,76;
- Grau de escolaridade: 18% da população rural são analfabetas;
- Atendimento de esgotamento sanitário: 89% dos domicílios atendidos (rural 42,7%).

Os resultados são ponto de partida para o dimensionamento de sistemas individuais de tratamento de efluentes domésticos na região de Itabira em Minas Gerais.

A partir de informações do IBGE (2010) obtivemos dados que definem um padrão de família e propriedade para o qual definimos ser o público alvo do projeto. Devido às características das famílias residentes em domicílios rurais e seu número de componentes e renda propusemos dimensionamentos econômicos para faixas de número de usuários do TEvap diferentes da padronizada (família padrão), podendo apresentar assim uma medida de soluções que poderia abranger assim a totalidade dos domicílios rurais que não possuem rede de coleta de esgoto adequado segundo o IBGE (2010).

Diante da caracterização da região e das diversas tecnologias utilizadas por autores para a construção de TEvap, a proposição do projeto que melhor se adequa a região sugerida para dimensionamento é titulada como projeto padrão de tanque de evapotranspiração, como alternativa de saneamento para a zona rural de Itabira, MG.

#### **Dimensionamento Econômico e Projeto**

Com base nas experiências com TEvap no Brasil, além das diferentes características construtivas a serem observadas (já citado na revisão), fica claro que os principais fatores de dimensionamento são a precipitação anual e a evapotranspiração, cujos valores encontrados para os diferentes trabalhos são apresentados na Tabela 4, abaixo para comparação.

**Tabela 4 – Análise da evapotranspiração e precipitação nas regiões brasileiras pesquisadas. Fontes: Galbiati (2009), Pires (2012), Grupo Hidrosed (2013) e Sentelhas et al. (1999).**

Localidade	Precipitação	Evapotranspiração	
	Anual (mm/ano)	Diária (mm/dia)	Anual (mm/ano)
<b>Distrito Federal</b>	<b>1392</b>	<b>2,4</b>	<b>982</b>
<b>Mato Grosso do Sul</b>	<b>1405</b>	<b>4,3</b>	<b>1591</b>
<b>Ceará</b>	<b>609</b>	<b>5,7</b>	<b>2000</b>
<b>Minas Gerais</b>	<b>1221</b>	<b>2,7</b>	<b>888</b>

Seguindo as recomendações de Pires (2012) e Galbiati (2009), os critérios chaves para o bom dimensionamento de seus projetos, estão focados no atendimento das seguintes diretrizes:

- Estimativa do balanço hídrico do sistema;
- Escolha de cultura apropriada seguindo pré-requisitos estabelecidos; e
- Eficiência na absorção de nutrientes e matéria orgânica pelas plantas.

Um fato relevante para a escolha dos parâmetros básicos para o dimensionamento é a proximidade entre alguns dos trabalhos de análise de desempenho entre TEvap, como por exemplo, Pires (2012) que elaborou seu trabalho em Visconde de Rio Branco, MG a uma distância aproximada de 250 km de Itabira.

O dimensionamento é realizado com o intuito de obter um balanço hídrico do sistema possibilitando ausência de extravasamento, o cálculo da área superficial do TEvap leva em consideração a evapotranspiração diária do sistema, a vazão diária per capita oriunda do vaso sanitário, a pluviosidade média do local, número de



habitantes, além de coeficientes adotados por referências, que expressam características de infiltração da água da chuva no tanque e condições de insolação e vento da localidade.

A evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) para a região de Itabira é de 1140,56 mm/ano segundo Carvalho (2011), ou seja, 3,16 mm/dia. Pluviosidade anual 1407,1 mm/ano (CARVALHO & BRASIL, 2009). Principal parâmetro do dimensionamento de TE<sub>evap</sub>, a evapotranspiração, tem seu valor baseado em relações climáticas, a exemplo do trabalho de Galbiati (2009), que relacionou a evapotranspiração real, obtida experimentalmente, com a evapotranspiração de referência da região, calculada a partir de equação proposta por Hargreaves & Samani (1985), como apresentado por Pereira et al. (1997). O coeficiente do tanque (kTE<sub>evap</sub>) é resultado do quociente da evapotranspiração real com a evapotranspiração de referência (GALBIATI, 2009).

Para o dimensionamento foi utilizado kTE<sub>evap</sub>= 2,7, o mesmo utilizado por Galbiati (2009), dada a similaridade das condições dos experimentos observados em Mato Grosso, para o caso de Itabira; ainda que a diferença entre as ET<sub>0</sub> observadas em Mato Grosso e Itabira fosse de cerca de 37%, sendo o caso de Mato Grosso do Sul maior.

Assim o valor de evapotranspiração para o sistema foi estimado através do coeficiente do tanque (kTE<sub>evap</sub>) aplicado a evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), conforme a Eq.(1) modificada (GALBIATI, 2009).

$$ET_{TEvap} = ET_0 \cdot k_{TEvap} \quad (1)$$

Onde:

ET<sub>TEvap</sub> = Evapotranspiração estimada do tanque anual, em mm/ano;

ET<sub>0</sub> = Evapotranspiração de referência anual, em mm/ano;

k<sub>TEvap</sub> = coeficiente do tanque.

Próximo passo do dimensionamento do TE<sub>evap</sub>, é definir o volume de entrada do sistema, sendo esse definido como sendo o somatório das precipitações e das vazão de águas negras provenientes dos sanitários. A precipitação média anual constatada para Itabira é de 1407,1 mm/ano (SAAE, 2005 apud. ACHMG, 2014).

O volume de águas negras que irá contribuir pra o TE<sub>evap</sub> é baseado no consumo médio de águas pelo vaso sanitário para uma família de baixa renda de classe D, como constatado no diagnóstico. O consumo médio diário de águas pelo vaso sanitário está entre 5% a 14%, sendo obtido por Barreto (2008), 5%, por Gonçalves & Bazarella (2005), média de 14% e de 9,8% nos experimentos de Pires (2012).

Para o projeto será adotado a média de 15% da água consumida pelos vasos sanitários, valor esse majorado em relação à proporção de consumo per capita de Pires (2012). O consumo per capita de água da região é de 150,6 l/hab.dia (SNIS, 2014), a partir destes dados concluímos que o volume destinado ao vaso sanitário diariamente é o equivalente a 22,5 l/hab.dia, o que nos fornece o valor de 8100 l/hab.ano.

Para dimensionarmos a área superficial do TE<sub>evap</sub> procedemos com a utilização da equação modificada de Galbiati (2009), os parâmetros temporais diários foram adaptados para dados anuais conforma a eq.2.

$$A = \frac{n \cdot Q_a}{ET_0 \cdot k_{TEvap} - P \cdot K_i} \quad (2)$$

Onde:

A = área superficial do tanque, em m<sup>2</sup>;

n = número médio de usuários do sistema;

Q<sub>a</sub> = vazão anual por pessoa, em l/ano, de acordo com o número de utilizações por pessoa;

k<sub>tevap</sub> = coeficiente do tanque, adotado como 2,71;

ET<sub>0</sub> = evapotranspiração de referência média do local, em mm/ano;

P = pluviosidade média do local, em mm/ano;

K<sub>i</sub> = coeficiente de infiltração, variando de 0 a 1 (adotado: 20%).



Quanto à construção dos sistemas, a escolha da localização na propriedade é crucial para a conformidade da Norma (ABNT NBR 7229, 1993), onde as distâncias mínimas horizontais devem ser respeitadas:

- 1,5 m de construções, limites de terreno, sumidouro, valas de infiltração e ramal predial de água;
- 3,0 m de árvores e qualquer ponto de rede de abastecimento de água; e
- 15,0 m de poços freáticos e corpos d'água.

Passo seguinte a localização do TEvap no terreno da propriedade e após o devido dimensionamento da área superficial necessária é hora de definir os materiais a serem utilizados para a construção do sistema, assim como esquematizar o passo a passo da construção.

A utilização de materiais alternativos com o mínimo custo para a construção, visam tornar o tanque economicamente viável, assim como a proposição de implementação de TEvap através da construção participativa, o que minimizam os custos (PIRES, 2012).

Para um correto planejamento de obras do TEvap, deve-se respeitar as seguintes etapas, enumeradas sequencialmente a seguir:

1. Cavar um buraco com as dimensões recomendadas no projeto, para a situação típica de 4 usuários de TEvap deverá ser escavado 5,5 m de comprimento, 2,0 m de largura, com uma profundidade de 1,5 m. Deve-se observar o tipo de solo no local, tendo em vista, a grande movimentação de terra, sendo recomendado escoramento para solo arenosos e terrenos argilosos muito moles;
2. Instalação da tubulação hidráulica do vaso sanitário até o TEvap, obedecendo a declividade mínima segundo a norma NBR 8160, que é de 1%. A tubulação deve ser de 100 mm em PVC. Sabe-se que o TEvap é um sistema fechado em sua essência; no entanto, é previstos extravasor, em que deve ser instalada um tubo de 50 mm de diâmetro colocado no lado oposto a entrada com uma diferença de nível de 10 cm em relação ao mesmo (PIRES, 2012);
3. Confeção da laje de fundo. Por ser um sistema fechado deve-se atentar a correta construção das paredes e laje de fundo. O fundo deve ser realizada com a técnica de ferrocimento com argamassa com traço de 3 partes de areia lavada por 1 parte de cimento, sendo nivelado adequadamente para que não haja acumulação de resíduos em alguma das partes, distribuindo uniformemente o efluente dentro do tanque;
4. Confeção das paredes do tanque. Para as paredes o método escolhido é a técnica do ferrocimento por ter um custo menor comparado a outros métodos como os blocos de concreto, porém, é sempre importante salientarmos sobre a disponibilidade de materiais de construção no local da construção. No caso de Itabira o ferro cimento é uma matéria prima desenvolvida na região, o que pode baratear os custos. A técnica de ferrocimento consiste no lançamento de argamassa com traço de 3 partes de areia lavada por 1 parte de cimento, aplicada com 2,5 cm, seguida de colocação de tela metálica (tela de galinheiro), com subsequente aplicação de outra camada de argamassa. Deve-se atentar nessa etapa a construção de um beiral de aproximadamente 15 cm acima do nível do terreno, sendo essa uma boa pratica que evita enxurrada e entrada de grandes volumes por cima do tanque, o que deve ser evitado e controlado com a disposição de palhas sobre o sistema, agindo como interceptor;
5. Montagem da câmara receptora. A câmara deverá ser montada com pneus, que devem estar disposto longitudinalmente no fundo do tanque como podemos ver na planta de projeto no Apêndice B. A tubulação de entrada deve ser direcionada para dentro do pneu. A utilização de pneu no caso de Itabira pode ser vantajosa em relação à redução de custos, já que a Itaurb através da busca por novas aplicações aos pneus irreversíveis, entra no escopo do projeto, com a possibilidade de utilização desse passivo ambiental para construção das câmaras decanto-digestora através de uma proposta de parceria, possibilitando a reciclagem dos pneus da cidade e contribuindo com a minimização de custos para a implementação de sistemas de tratamento por TEvap;
6. Preenchimento do tanque com as camadas filtrantes recomendadas em projeto. O complemento do tratamento realizado na câmara de pneu é realizado através das camadas subsequentes de entulho,

brita, areia e solo. Juntamente ao preenchimento do tanque é recomendada a instalação de tubo de inspeção com o intuito de proceder com manutenção da qualidade do efluente dentro do tanque;

7. Plantio do cultivo. O passo final é o plantio da espécie vegetal que se adéque as condições sugeridas para os TEvap, ou seja, plantas que tenham alta taxa de evapotranspiração (ETc), crescimento rápido, tolerância a ambientes alagados, adaptação a região e principalmente aceitação pelo usuário segundo Pires (2012).

Quanto ao volume de terra movimentado em escavação, deve-se ter uma estratégia para reutilização, seja em um bota-fora próximo ou mesmo, utilização para a construção de sistemas de tratamento de águas cinzas, como o círculo de bananeiras .

Os resultados do dimensionamento estão expressos na Tabela 5, como sugerido por Galbiati (2009), considerando os dados para Itabira – MG dimensionaremos para uma faixa de contribuintes de 1 a 6 habitantes, onde o coeficiente de infiltração (ki) será dependente de diversos fatores que influenciam na penetração da água das chuvas. Os valores considerados para o dimensionamento da área do TEvap são: ET0=1140,56 mm/ano, ktevap = 2,71, P = 1407,1 mm/ano e Qa = 8100,00 l/hab ano.

**Tabela 5 – Relação de área superficial do TEvap desenvolvida através da Eq.2.**

Número de Usuários	Produção de águas Negras (l/dia)	Área (m <sup>2</sup> )		
		ki = 1	ki = 0,5	ki = 0,2
1	22,5	4,8	3,4	2,9
2	45,0	9,7	6,8	5,8
3	67,5	14,5	10,2	8,7
4	90,0	19,4	13,6	11,6
5	112,5	24,2	17,0	14,5
6	135	19,1	20,5	17,4

Com base nos dados coletados, e análise feita, chegou-se ao seguinte dimensionamento:

- Evapotranspiração considerada de 1140,56 mm/ano;
- Ktevap considerado de 2,71;
- Pluviosidade de 1407,1 mm/ano;
- Volume destinado ao vaso sanitário diariamente de 8100,00 l/hab.ano;
- Área superficial do TEvap=2,9 m<sup>2</sup> por pessoa, totalizando 11,6 m<sup>2</sup> para família padrão de 4 habitantes, considerando 20% de infiltração de águas de chuva no sistema;
- Dimensões do TEvap para família padrão: 5,5 m comprimento, 1,5 m profundidade, 2,0 m largura;
- Construção utilizando ferrocimento para as paredes e fundo, com beiral sobre a superfície de 15 cm em tijolo;
- Tubulações e conexões em conforme indicado em projeto, sugerido PVC;
- Uso de pneus inservíveis para a construção da câmara;
- Meios filtrantes dispostos em camadas de pedra-de-mão, entulho, tijolos cerâmicos (50 cm), brita nº1 (35 cm), areia média (35 cm) e solo tipo latossolo vermelho-amarelo ou solo apropriado para a cultura a ser desenvolvida (40 cm), conforme Pires (2012);
- Vegetado com Bananeiras, 2 a 3 bananeiras por tanque, respeitando espaçamento de 2x2 m (ou conforme a espécie da banana).

O projeto para o desenvolvimento do TEvap está na folha de dados desenvolvida, onde consta: planta baixa, cortes e detalhes do tanque com as dimensões recomendadas para cada faixa de usuários. Uma visão resumida pode ser vista na Figura 4.

Para a seleção das culturas apropriadas para o Tanque de evapotranspiração é importante referir aos instrumentos da política agrícola e gestão de riscos na agricultura do Ministério da Agricultura, o zoneamento agrícola de risco climático é realizado anteriormente ao cultivo e tem por objetivo auxiliar o agricultor na indicação do melhor período para plantio nos diferentes tipos de solo e ciclos de cultivares em cada município do Brasil, com base na análise histórica do comportamento climático, além de minimizar os riscos quanto à

ocorrência de fenômenos climáticos (MAPA, 2013). A escolha da cultura, deve, na dúvida, procurar observar o princípio: “descascar para comer”.

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático é publicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) na forma de portarias, no Diário Oficial da União (DOU) e no do Ministério da Agricultura. Por sítio ser uma técnica de fácil entendimento pelos usuários, produtores e agentes financeiros, a metodologia adotada pelo MAPA é validada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (MAPA, 2014).

O potencial produtivo da cultura pode ser mais bem gerido conhecendo previamente o comportamento do clima em cada época do ano no local pretendido e como influência nas varias fases de desenvolvimento da cultura, assim, o zoneamento prescreve data de plantio ideal para cada cultura (MDA, 2014).

Para a elaboração de estudos mais detalhados em regiões heterogêneas e com grande extensão, o zoneamento tradicional nos fornece resultados generalistas, sendo necessária maior precisão e maximização do processo através do emprego de técnicas computacionais específicas (SOUZA et al., 2009), onde cerca de 10% da produção nacional de banana (*Musa* sp.) é proveniente do estado de Minas Gerais, sendo o estado o terceiro maior produtor nacional (BRASIL, 2010).

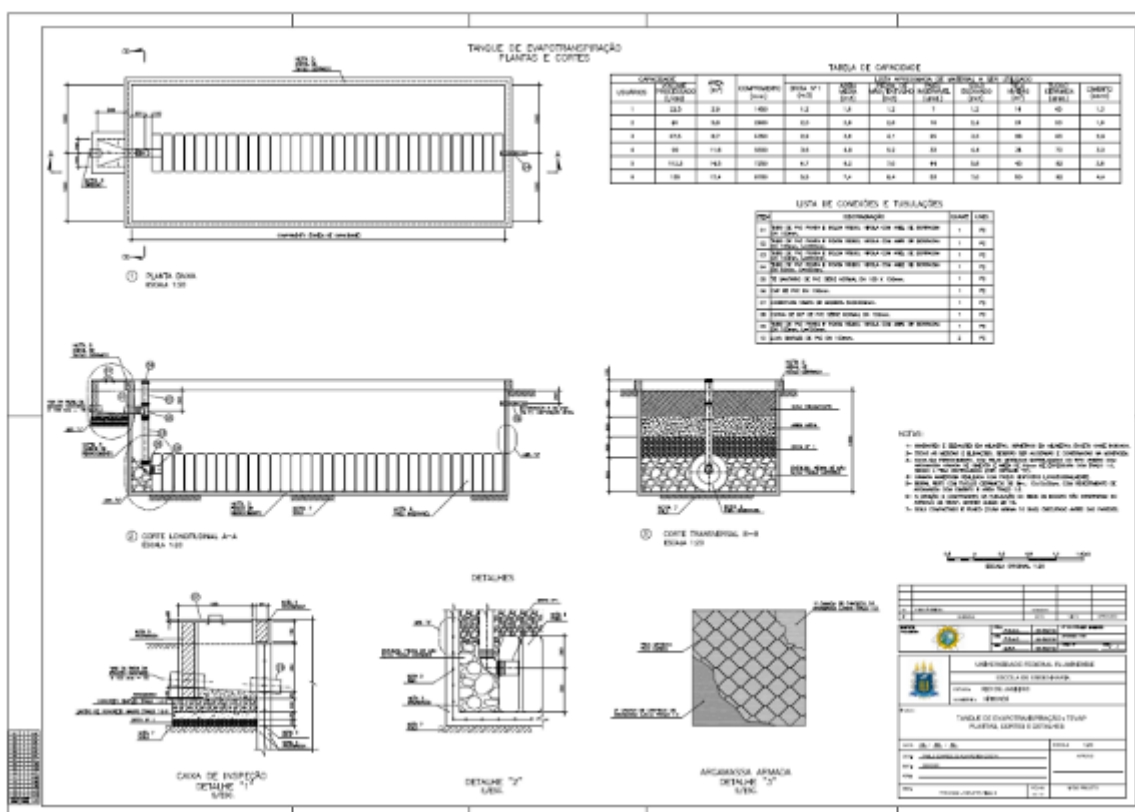


Figura 4 – Folha de Dados para construção do TEvap para a região de Itabira MG. Disponível em: [http://www.ter.uff.br/images/30943096-Pablo-DES1-A1\\_2014-04-24-01.pdf](http://www.ter.uff.br/images/30943096-Pablo-DES1-A1_2014-04-24-01.pdf)

A demanda hídrica necessária à cultura está associada à produtividade tendo como referencia superior 1.900 mm bem distribuído durante o ano, sendo a deficiência hídrica prejudicial em fases essenciais de diferenciação floral e início de frutificação (BRASIL, 2010). A precipitação ideal deve ser de 160 mm/mês, segundo (TRINDADE et al., 2004).

Segundo BRASIL (2010), através da Portaria 268/2010 o cultivo de banana no Estado, em regime de sequeiro, os solos tipos 2 e 3 e, em cultivo irrigado, os solos tipos 1, 2 e 3, observadas as especificações e recomendações contidas na Instrução Normativa nº 2, de 9 de outubro de 2008.

O material de apoio à divulgação da tecnologia, ou cartilha, tem como objetivo de disseminar a técnica, proporcionando entendimento e esclarecimento sobre a técnica de saneamento.

A tecnologia alternativa de esgotamento sanitário proposta neste trabalho envolveu a consulta de referências bibliográficas, projeto de sistemas de TEvap, envolvendo o diagnóstico ambiental da região junto às recomendações e sugestões de construção e utilização sugeridas pelos autores. Devemos atentar às características da região para que possamos projetar o tanque de maneira mais correta e eficiente, realizando um trabalho que possibilite contribuir para um nicho de população que necessite do sistema.

De forma que é necessário adotar um formato para a melhor transferência deste conhecimento, um meio de comunicação e/ou disseminação acadêmica ideal, adequado ao setor de saneamento, assim que foi proposta a formatação dos resultados a partir do *Template* de estudos de caso da Rede SuSanA.

Rede internacional aberta para compartilhamento de alternativas para saneamento sustentável, a Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA) conta com a participação de importantes parceiros na promoção de sistemas sustentáveis de saneamento em todo o mundo, e disponibiliza em sua biblioteca, trabalhos, estudos de casos e materiais de diversas organizações, sendo a Universidade de São Paulo (USP) a única parceira brasileira. A disseminação de ideias sustentáveis é necessária para atingir os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). A principal meta da rede SuSanA é contribuir na promoção de sistemas de saneamento que considerem todos os aspectos de sustentabilidade (SuSanA, 2008).

A formatação da cartilha de estudos de caso da SuSanA é padronizada de forma que todos os projetos tenham em sua descrição: dados gerais, objetivos e motivações do projeto, localização e condições, histórico do projeto, tecnologias aplicadas, informações de projeto, tipo e nível de reutilização, outros componentes do projeto, custos e economia, operação e manutenção, experiência prática e as lições aprendidas, avaliação da sustentabilidade e os impactos de longo prazo, documentos e referências disponíveis e instituições, organizações e pessoas para contato.

Alguns outros critérios devem ser cumpridos no transcorrer do projeto. O idioma original será o português, assim como os custos expressos em Reais e em Euro s O comprimento do documento final formatado deverá ter entre 4 a 8 páginas, sendo recomendadas 6 páginas como o ideal (SuSanA, 2014).

O levantamento dos materiais a serem utilizados assim como os custos associados se tornam importantes para que haja uma correlação com outros sistemas de tratamento de esgoto. Junto aos prós e contras observados em cada sistema de tratamento e disposição do esgoto doméstico, a análise de custo pode ser um parâmetro chave na matriz de decisão.

Vale notar a disseminação da técnica de ferrocimento na região, técnica de construção que utiliza uma malha de tela de galinheiro associada a camadas de argamassa de cimento e areia em (BRASIL, 2008).

Os custos associados e detalhes construtivos podem ser vistos no material formatado conforme preconizado, com uma visão da primeira folha da cartilha no formato SuSaNa, apresentado na Figura 5, os custos associados a cada um dos componentes utilizados no tanque. Os custos têm como base os preços dos materiais de construção em Itaboraí em março de 2014. O valor total para a construção do TEvap foi de aproximadamente R\$ 2.000,00 (ou 611 euros, valores para 2014).



**Figura 5 – Visão geral do material sobre o TEvap, conforme preconizado pela Rede SuSaNa.**  
Disponível em: <http://www.susana.org/en/resources/library/details/2102>.

## SEGUNDA ETAPA: Desenvolvimento de Roteiro para Implementação de Saneamento Rural

Em uma segunda etapa, o objetivo é elaborar bases para subsidiar a construção de uma estratégia que auxilie o agente de campo na elaboração de um programa para a disseminação de ações de saneamento rural para a região alvo, e/ou estender o uso do TEvap para outras regiões do Brasil onde ele se mostre favorável.

A fim de subsidiar a elaboração de um roteiro para implementação de um programa de desenvolvimento rural devemos proceder com a pesquisa de determinantes, que nortearão as etapas de construção da estrutura de um Programa de Saneamento Rural.

É importante salientar que as estratégias de construção de um roteiro são processos desenvolvidos e ajustados a cada realidade, portanto, esse trabalho fornece técnicas e instrumentos que facilitam o processo e tem por intuito aumentar a capacitação, a organização e a responsabilidade dos atores envolvidos.

### Mapeamento de fontes secundárias

A etapa inicial para o desenvolvimento de um roteiro para a implantação de programa de saneamento rural é a busca por condicionantes que viabilizarão ou não o projeto a ser concebido.

Como colocado por (DOS SANTOS, 2009), o levantamento de revisão de material bibliográfico, aqui entendido como mídia impressa, eletrônica e em elementos oficiais; são fundamentais nas etapas iniciais da pesquisa para estabelecer uma adequada delimitação do tema (consulta a dados secundários).

Após essa primeira etapa cumprida, cria-se um arcabouço conceitual que constrói o delineamento das condicionantes; o que será posteriormente trabalhado na etapa subsequente a consulta às fontes primárias, ou seja, por meio de contato direto com os atores sociais envolvidos.

Dentre as fontes secundárias consultadas podemos pontuar:

- Plano Diretor Municipal - O Plano Diretor é o instrumento básico da política de desenvolvimento de um Município, tendo como principal finalidade orientar a atuação do poder público e da iniciativa privada, na construção dos espaços urbano e rural para oferta dos serviços públicos essenciais, visando assegurar melhores condições de vida para a população do município (UFV, 2014). A pesquisa pelo Plano Diretor do Município onde se deseja realizar o programa deve ser realizada tendo em vista que, o Plano é uma lei municipal “[...] que ordena o crescimento da cidade e



estabelece um planejamento que garanta um desenvolvimento socialmente equilibrado, ambientalmente sustentável [...]” (PMI, 2014), assim fica clara a importância da consulta inicial junto a Prefeitura do Município. Caso o projeto contemple uma microrregião ou bacia, é importante a busca pelos Planos dos respectivos municípios envolvidos. Atualmente a definição dos Planos Diretores tem tido o caráter participativo em suas decisões, a sociedade assim auxilia na revisão dos instrumentos de planejamento territorial do município;

- **Plano Nacional e Municipal de Saneamento Básico** - O Plano de Saneamento Básico (PLANSAB) é um documento essencial, pois estabelece as diretrizes para o saneamento básico nacional, constituindo o eixo central da política federal para o saneamento básico, promovendo assim, a articulação nacional dos entes da federação para a implementação das diretrizes da Lei 11.445/07 (BRASIL, 2014). O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), a exemplo do PLANSAB, objetiva conhecer a situação atual dos municípios do Brasil, sendo resultado de um conjunto de estudos, que visa “[...] planejar as ações e alternativas para a universalização dos serviços públicos de saneamento [...]”, tendo como resultado a promoção de saneamento, saúde pública e meio ambiente (PMF, 2014). O PMSB trata-se então de um instrumento estratégico de planejamento e gestão participativa, o qual visa atender preceitos da Lei 11.445/2007 e se torna obrigatório a partir de 2014, sendo uma condicionante para o recebimento de recursos federais para projetos de saneamento básico;
- **Leis específicas de Saneamento Básico** - A avaliação de leis específicas que contemplem temáticas de saneamento básico deve estar em pauta na primeira etapa de avaliação de fontes secundárias. Um exemplo é a base de dados do IBGE, MUNIC, que expressa a oferta e a qualidade de serviços públicos locais, assim como, a capacidade dos gestores em atender às populações, sendo essa uma fonte secundária de pesquisa. No âmbito municipal, as leis específicas devem ser consultadas junto a Secretaria de Meio Ambiente e/ou Saúde, já no âmbito estadual, os órgãos responsáveis podem variar de Estado para Estado;
- **Serviços Públicos de Saneamento Básico** - A regulação dos serviços públicos é prevista desde a Constituição de 1934, como competência legislativa da União “[...] que juntamente com os Estados têm participado, cooperativa ou concorrentemente com os Municípios, na gestão e provimento de serviços públicos de saneamento, em especial o abastecimento de água e o esgotamento sanitário” (PMSS, 2006). A consulta antecipada às empresas de prestação de serviços públicos se torna imprescindível para a obtenção de dados de abrangência do serviço praticado e escala pretendida em novos projetos a curto, médio e longo prazo, conferindo viabilidade à proposta de programa desejada; e
- **Perfil Populacional** - No diagnóstico da região as fontes para obtenção de dados podem ser provenientes de fontes de natureza primárias ou secundárias, em todos os casos deve-se ter preocupação com a confiabilidade das informações obtidas. A estratégia posterior de disseminação do programa de saneamento depende diretamente de um bom diagnóstico, para o caso do saneamento rural temos, por exemplo, o Diagnóstico Rural Participativo (DRP) que põe em contato direto o agente de extensão rural com a comunidade, facilitando o intercâmbio de informações, em uma metodologia que aponta para a multidisciplinidade em sua construção (DRP, 2006). A escolaridade, nível de renda, faixa etária predominante, assim como, o gênero, são exemplos de características da população que auxiliam na elaboração de um diagnóstico mais completo possível, podendo ser decisivo na escolha por uma estratégia eficaz e mais eficiente de abordagem dos atores.

### Listagem de opções metodológicas para identificação das fontes primárias

Com base em estudos de caso representativos, o trabalho propõe apontar estratégias para a identificação e engajamento dos atores primários. O livro “Histórias de Cooperação -366 Cooperativas Brasileiras que constroem um mundo melhor” (OCB, 2014), relata várias histórias de sucesso de cooperativas no Brasil. Tendo como base essa literatura utilizaremos dois casos a fim de ilustrarmos metodologias que auxiliaram a identificação de fontes primárias. Dentre as iniciativas de sucesso, destacamos duas:

- **Cooperativa de Assessoria e Serviços Múltiplos do Desenvolvimento Rural (Coopervida)** - Exemplo de sucesso na oferta de melhores condições de vida a comunidade local através do auxílio de 26 associados, que atualmente respondem pelo planejamento, construção e monitoramento de cisternas levando água tratada para mais de 3 mil famílias na região de Mossoró no Rio Grande

do Norte. Dentre as lições aprendidas podemos destacar a cooperação entre associados e famílias em diversos projetos de sustentabilidade (OCB, 2014); e

- Cooperativa Educacional de São Carlos (Educativa) - Caso de sucesso no processo de aprendizagem e formação cooperativista desde a educação infantil, sendo um exemplo na oferta de ensino de qualidade aos filhos dos cooperados, que são corresponsáveis no processo educativo, contribuindo assim com uma política pedagógica de valorização da criatividade e autonomia na construção do conhecimento. As principais lições aprendidas dizem respeito aos resultados obtidos em aprovações de alunos em vestibulares e na geração de empregos diretos na cooperativa (OCB, 2014).

Ambos os exemplos propõem metodologias de integração da sociedade por meio de uma associação de pessoas que buscam um denominador comum. No caso da Coopervida, os atores são movidos pela mudança da qualidade de vida local, com a utilização de novas tecnologias e gerando trabalho e renda. A partir da assistência técnica, a Coopervida elabora, implementa, assessora, gere projetos e ações de sustentabilidade (COOPERVIDA, 2014).

A metodologia utilizada pela Educativa, foca na participação dos cooperados (pais) no processo de educação dos filhos, sendo assim, os pais juntamente com o docente empregado pela Educativa, tornam-se atores em uma proposta pedagógica de enfrentamento dos desafios cotidianos da escola de forma refletida, consciente, sistematizada e essencialmente participativa, por isso a importância da participação de todos os agentes no processo de construção do conhecimento (EDUCATIVA 2014).

### Referências para Tecnologias Apropriadas

No processo de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de tecnologias alternativas para o ambiente rural deve se buscar o desenvolvimento sustentável não apenas pensando em eficiência (SOUZA, 2014), mas também tendo em mente a sua efetividade no processo de construção da solução técnica na forma de uma “tecnologia apropriada” para aquela comunidade local.

Para determinar se uma tecnologia é ou não apropriada “[...] para a manutenção, elevação ou degradação da qualidade de um determinado sistema social [...]”, deve-se definir alguns critérios segundo SOUZA (2014). Tendo em vista a necessidade de definição de critérios, é possível utilizar-se da Metodologia de Geração de Tecnologia Apropriada em Áreas Rurais, proposto por HERRERA (1981). O modelo apresenta eficiência na elaboração de um conjunto de definições ou paradigmas que embasaram o processo de construção de um sistema de P&D capaz de encaminhar os trabalhos na busca por “[...] soluções que preservem as condições e características locais, incorporando as dimensões sociais, econômicas e tecnológicas” (TEIXEIRA, 2003).

O modelo (Figura 6) preconiza a intensa participação dos envolvidos no processo de definição das linhas de pesquisa, onde os integrantes devem encaminhar o processo para uma correta orientação dos recursos da pesquisa, técnicas produtivas, produção de material educativo, entre outros exemplos.

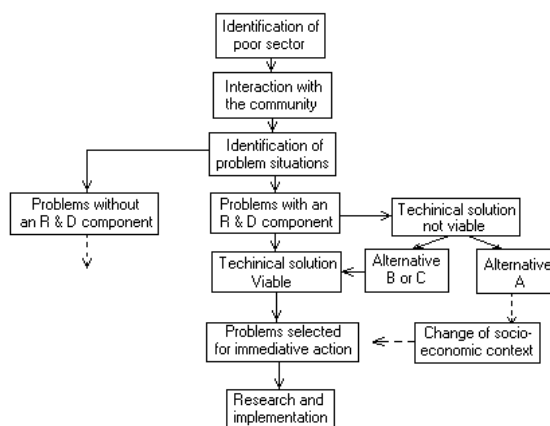


Figura 6 – Sistema de produção de tecnologia apropriada proposto. Fonte: TEIXEIRA, 2003.

### **Fontes de apoio para a execução de programas de saneamento rural**

Na identificação de atores primários devemos enfatizar a necessidade de agentes aptos a apoiar a execução do programa. Nesta etapa é necessário elencar técnicas construtivas e materiais disponíveis localmente que possam ter um impacto positivo, alavancando assim a viabilidade para a implementação da tecnologia escolhida, tornando-a apropriada ao contexto sócio econômico local. Uma sugestão é identificar possíveis fontes de atuação direta no programa, onde sugerimos listar:

- Opções de matéria-prima local;
- Fontes para obtenção de recursos a custo reduzido e/ou crédito;
- Técnicas locais de uso consagrado (vernacular);
- Opções de logística para transporte de materiais; e
- Possíveis destinações dos resíduos gerados na etapa de construção;

Devendo entrar em discussão a disponibilidade de mão de obra para construção cooperativa, mutirão, assim como, a disponibilidade de materiais de construção na região, buscando sempre a mínima geração de resíduos e/ou impacto ao meio ambiente.

### **Identificação de Ferramentas para o engajamento dos atores**

O processo de transferência de tecnologia não se mostra muito eficiente segundo MUDO (2014), sem o reconhecimento da percepção da diferença entre conhecimento incorporado e conhecimento compartilhado a exemplo da situação, onde o produtor rural era visto como um sujeito receptor de soluções tecnológicas, e o termo extensão rural surge como um ato de estender algo a alguém (técnica, produto ou insumo), o que denota uma forma de dominação na relação extencionista/produtor (FREIRE, 1985), assim, o conhecimento não deveria ser passado em um único sentido.

O desafio dos órgãos de pesquisa, universidades e movimentos sociais constituiu-se na alteração dos procedimentos e perspectivas que deveriam agora criar estratégias para colocar em prática metodologias participativas de Assistência Técnica Rural (ATER) com a inclusão dos agricultores familiares desde a concepção de programas até a aplicação das tecnologias, e com isso, os agricultores e suas famílias podem ser transformados em agentes do processo, valorizando seus conhecimentos e respeitando seus anseios (MUDO, 2014), ao contrário do processo de transferência de tecnologia supracitado.

As metodologias de construção participativa convergem à filosofia do cooperativismo, ou seja, as ações são construídas pelos envolvidos no processo e por eles, agregam o conhecimento, anseios e necessidades, conferindo assim, a validação ainda durante a sua construção (SESCOOP, 2014).

Os processos de construção participativa têm como característica os fluxos de tomada de decisão de “baixo para cima”, com retorno subsequente de “cima para baixo”, completando ciclos no processo de cooperação (SESCOOP, 2014), característica contrária à situação apresentada no parágrafo de abertura deste item, que é realizada em um único sentido.

### **Análise de materiais de apoio como suporte à estratégia**

A escolha do material de apoio mais adequado à disseminação de uma alternativa de saneamento rural é função das variáveis levantadas pelas fontes, primárias e secundárias, que embasarão o projeto e que devem ser proposta estrategicamente, como uma ferramenta a ser utilizada pelos atores do processo de construção social.

A cartilha é um exemplo de ferramenta de apoio à comunicação, que deve ser construída preferencialmente em projetos coletivos, trabalhado em equipes multidisciplinares, visando complementar os processos de capacitação de forma simples (MUDO, 2014), e com fácil compreensão pelo público alvo, a partir de objetivos bem definidos propostos por quem a implementa.

A preocupação na elaboração de cartilhas para um público alvo é autêntica, e pode ser facilmente observada em exemplos que despertam o significado educativo das ações extencionistas propostas pela extensão rural.

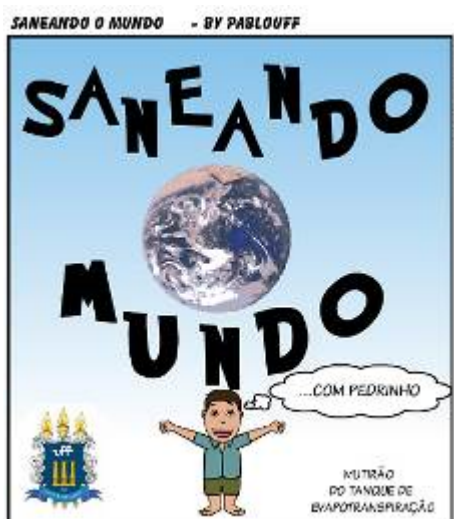
Dentre os inúmeros exemplos de cartilha iremos ressaltar a importância de algumas dessas construções e a sua relação na utilização da metalingüística apropriada para cada público alvo.

Na busca por materiais de apoio sobre a temática do tratamento de esgoto sanitário utilizando o Tanque de Evapotranspiração (TEvap), constatamos a elaboração de cartilhas com linguagens objetivas e claras, no entanto, apresenta-se simplório em suas construções, que são exemplos, o material desenvolvido pelo Grupo PRAXIS (2014) da Escola de Arquitetura da UFMG e o “Instituto 5 Elemento” (2014); que são contribuições de materiais práticos para utilização pelo público alvo desejado, com o objetivo de expandir o conhecimento de práticas de ocupação, facilitando o entendimento e divulgação dos processos.

## RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

O roteiro proposto gera subsídio para a elaboração de programas de saneamento básico em todo o Brasil, onde o passo-a-passo é sugerido com utilização de metodologias participativas na confecção de um modelo que prioriza a disseminação de tecnologias apropriadas a cada população e região. A partir da aderência da proposta do roteiro para o município de Itabira, pode-se destacar:

- A identificação e/ou construção de associativas que possam fomentar o projeto é um objetivo da estratégia, permitindo empoderamento de atores no processo de disseminação. No caso de Itabira, a estratégia definida de acordo com o diagnóstico realizado, foi à possibilidade de envolvimento de atores institucionais em Escolas Rurais da região, sendo o docente (ator) responsável pela disseminação. Pode-se utilizar de ferramentas como a cartilha proposta, com linguagem apropriada, para a elaboração de tarefas didáticas que instiguem a construção do espírito cooperativista do discente (filhos de agricultores e moradores rurais), no que a proposta é engajar filhos de agricultores, como coatores no processo de disseminação aos pais, promovendo a ideologia cooperativista;
- As cartilhas foram confeccionadas utilizando-se as ferramentas da plataforma do ToonDoo (disponível em [www.toondoo.com/](http://www.toondoo.com/)). Os cenários e personagens sugeridos buscam ilustrar de maneira objetiva o conceito dos tanques de evapotranspiração, tendo em vista o público alvo, que são as crianças por meio da aprendizagem dentro de um sistema de cooperação oferecido pelos professores em sala de aula no município de Itabira. O modelo de cartilha intitulada como “Saneando o Mundo – Mutirão do tanque de evapotranspiração” está ilustrado na Figura 7;
- O envolvimento de agricultores como coatores na proposta de construção de tanques de evapotranspiração tem por característica tornar o processo autogestionário, gerando esforços coletivos em processos de autoconstrução da infraestrutura por meio de mutirões; e
- A minimização de custos na implementação de TEvap é a utilização de materiais de construção alternativos e/ou disponíveis localmente. Onde foram identificados fontes de apoio e parcerias à execução do programa, no caso: Fonte de coleta de pneus inservíveis para Itabira; Fontes rentáveis para aquisição de telas de galinheiro, tendo em vista o potencial explorador do ferro da cidade.



**Figura 7 – Exemplo de cartilha desenvolvida para trabalhar o público infantil junto à comunidade rural: COSTA, 2014.**

## DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A participação da população local, na construção participativa, é foco de pesquisa, exemplo de Pires (2012), sendo uma importante forma de aprendizagem, disseminação e comunicação entre o corpo técnico (extensionistas, técnicos, permacultores, engenheiros, etc.) e a população rural (domésticos, agricultores, cooperativa, etc.), sendo as discussões sociológicas rurais importantes temas de discussão, pois há conflitos culturais que devem ser abordados para uma correta abordagem e aceitação da tecnologia.

Quanto à viabilidade, o projeto se torna viável a partir de diversos parâmetros, o econômico é o mais discutido quando o projeto é submetido à aceitação de determinada classe de renda. parcerias para o financiamento do projeto ajudam a contribuir para a viabilidade do projeto, a exemplo do grupo de pesquisa HIDROSED que tem sede no departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (HIDROSED, 2012) e no que diz respeito a construção participativa, que minimiza os custos de construção, temos o exemplo de assentamento rural Olga Benário, Mg (PIRES, 2012). A escolha do uso de pneus inservíveis para a construção da câmara receptora é objetivada pela redução de custos, no entanto pode-se tornar dificultoso com a falta de interesse do setor público em apoiar a utilização de pneus em construções (AMARAL, 2012).

Outra discussão é acerca da utilização de materiais de construção alternativos, com possibilidade de redução de custos e melhor aproveitamento dos recursos encontrados no local, a exemplo da escolha do uso de ferrocimento, técnica já utilizada em outros projetos e iniciativas, como na proposição de um curso de bioconstruções disponibilizado em um documento digital (BRASIL, 2008), a fim de disseminar novas alternativas de construção, sendo uma escolha mais barata na construção de reservatórios de água como indicado em publicação do projeto de olho na água (DE OLHO NA ÁGUA, 2014).

A principal discussão sobre a técnica da utilização de cartilhas nos moldes da SuSanA deve-se ao fato de, embora largamente utilizados no setor de saneamento voltado para pequenas comunidades e soluções sustentáveis para o meio rural, possuem uma linguagem inconsistente a realidade da população alvo do projeto. Tendo em vista que o recorte utilizado tem o intuito de atender ao maior número de famílias com deficiência no esgotamento sanitário domiciliar, a cartilha de estudo de caso da SuSanA se propõe então como contribuição científica, tornando-se exemplo para a elaboração de projetos similares, em regiões com características comuns, ou mesmo objetivando novos projetos sobre a temática, porém, o seu uso facilita a disseminação e nivelamento dos conhecimentos sobre o uso de TEvap para o território brasileiro, uma das principais dificuldades identificadas ao longo do desenvolvimento do presente estudo.



Tecnologias alternativas de esgotamento sanitárias são essenciais para alcançar os Objetivos do Milênio. As diversas tecnologias citadas ganham sua devida importância a medida que contribuem com a minimização de impactos ao meio ambiente, saúde e segurança dos habitantes. Para escolha da melhor alternativa deve-se ter sempre em mente as questões culturais da região, os aspectos econômicos inerentes a cada sistema e a adaptabilidade de cada conceito.

O diagnóstico da região, dá subsídio para estudos cada dia mais criteriosos da tecnologia em diversas regiões. Com prévio estudo de caracterização, foi capaz de indicar os parâmetros a serem observados para o dimensionamento.

A cartilha proposta nos moldes da SuSanA se torna uma ferramenta fundamental para a disseminação e multiplicação da tecnologia em dimensões mundiais, contribuindo com material de relevante importância para a construção de sistemas de esgotamento sanitário sustentáveis.

Ao final do presente trabalho, o autor espera ter podido apresentar um material que possa contribuir positivamente para a disseminação de melhores práticas associadas ao tratamento de águas residuais no meio rural brasileiro, não só pelo levantamento das condicionantes técnicas, mas também pela elaboração de um sólido material de referência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACHMG. Associação das Cidades Históricas de Minas Gerais. Itabira. Informações e Dicas. Disponível em: <<http://www.cidadeshistoricasdeminas.com.br/cidade/itabira/informacoes-e-dicas/#geoeconomia-tab>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2014.
2. ALMEIDA, F.B. LEITE; H.C.M.; SILVA, J.R. Banheiro Seco: uma alternativa ao saneamento em comunidades rurais e tradicionais. Trabalho de Conclusão de Curso – Viçosa, 2010.
3. ALVES, B. S. Q. Banheiro seco: análise da eficiência de protótipos em funcionamento. Trabalho de Conclusão de Curso – Florianópolis, 2009.
4. AMARAL, J. E. M. Análise das dificuldades associadas ao uso de pneus inservíveis na construção de habitações: o estudo de caso de Goiatuba – GO. Araraquara: Centro Universitário de Araraquara, 2012.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques séptico. Rio de Janeiro, 1993. 15 p.
6. BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais de água. Revista Ambiental Construído, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p.23-40, abril/junho, 2008.
7. BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 3. Ed., rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408p.
8. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. Saneamento Ambiental em Comunidades Quilombolas. Disponível em: <[http://www.funasa.gov.br/internet/vigSubIV\\_quilombolasSa.asp](http://www.funasa.gov.br/internet/vigSubIV_quilombolasSa.asp)>. Acesso em: junho de 2014.
9. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável. Departamento de Desenvolvimento Rural Sustentável. Curso de Bioconstrução. Texto elaborado por: Cecília Prompt - Brasília: MMA, 2008. 64 p.; 21 cm.
10. BRASIL. Portaria n. 268, de 19 de agosto de 2010. Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de banana no Estado de Minas Gerais.
11. CAESB. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Instruções para Instalação de Fossa Séptica e Sumidouro em sua Casa. Disponível em: <[http://www3.caesb.df.gov.br/\\_conteudo/FolhetosManuais/Instala%C3%A7%C3%A3oFossaS%C3%A9pticaSumidouro.pdf](http://www3.caesb.df.gov.br/_conteudo/FolhetosManuais/Instala%C3%A7%C3%A3oFossaS%C3%A9pticaSumidouro.pdf)>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2014.
12. CARVALHO, F. H. Aquecimento Global - Efeitos do Aumento da Temperatura sobre a Evapotranspiração de Referência no Brasil. In: 19º Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011, Maceió. Anais eletrônicos. Maceió: ABRH, 2011. Disponível em: <[http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/03db897538a42209662d74aefc453be8\\_e3becfb17130d50efcf8f6190a2292bc.pdf](http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/03db897538a42209662d74aefc453be8_e3becfb17130d50efcf8f6190a2292bc.pdf)>. Acesso em: 24 fev. 2014.
13. CARVALHO, H. D.; BRASIL, E. R. Conjuntura Socioeconômica do Município de Itabira. Itabira: Ed. Funcesi, 2009. 161p.

14. COOPERVERVIDA – Cooperativa de Assessoria e Serviços Múltiplos ao Desenvolvimento Rural . Projetos. Disponível em: <[www.coopervidarn.org.br](http://www.coopervidarn.org.br)>. Acesso em: junho de 2014.
15. COSTA, P. S. de A. Desenvolvimento de uma opção e saneamento rural para pequenos agricultores de Minas Gerais (Itabira). Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental – Niterói, Rio de Janeiro, 2014.
16. DATASUS. Departamento de Informática do SUS. Tecnologia da Informação a serviço do SUS. IBGE e IPEA, 2010.
17. DE OLHO NA ÁGUA. Guia de referência. Disponível em: <[http://www.deolhonaagua.org.br/site/livro\\_e\\_cartilha/de\\_olho\\_na\\_agua\\_guia\\_de\\_referencia.pdf](http://www.deolhonaagua.org.br/site/livro_e_cartilha/de_olho_na_agua_guia_de_referencia.pdf)> Acesso em: 15 de março de 2014.
18. DIAS, M. G. M.; OLIVEIRA, C.M.V.C.; SOUZA, M.R.G. Fachi 40 anos, Funcesi 15 anos: o Ensino Superior em Itabira tem História. Itabira: Funcesi, 2009. 128 p.
19. DRP. Diagnóstico Rural Participativo. Um guia prático. Secretaria da Agricultura Familiar. Brasília: MDA, 2006. 62p.
20. EDUCATIVA – Cooperativa Educacional de São Carlos. Proposta Pedagógica. Disponível em: <[www.educativa.com.br](http://www.educativa.com.br)>. Acesso em: junho de 2014.
21. FREIRE, P. Extensão ou Comunicação? Rio de Janeiro: Ed. Paz e Terra, 1985.
22. FUNASA. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Saneamento Rural. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-rural>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2014.
23. GALBIATI, A. F. Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração. Dissertação de Mestrado – Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.
24. GLOBO. Globo Rural, 18 dez. 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2011/12/cerca-de-25-da-populacao-rural-vive-em-situacao-de-pobreza-extrema.html>>. Acesso em: 12 fevereiro 2014.
25. GONÇALVES, R. F.; BAZARELLA, B. B. Reuso de águas cinzas e gerenciamento alternativo das águas amarelas (urina) em área urbana. In: Workshop sobre Reuso Anais., Campina Grande, 2005.
26. GRUPO HIDROSED. Biorremediação vegetal do esgoto domiciliar em comunidades rurais do semiárido: ‘água limpa, saúde terra fértil’. Disponível em: <<http://www.hidroсед.ufc.br/tmp/infoverde.pdf>> Acesso em: 20 de dezembro de 2013.
27. Grupo PRAXIS. Cartilha TEVAP. Disponível em: <https://dialogoseliasilva.wordpress.com/2013/07/31/circulo-de-bananeiras-e-tevap-solucoes-alternativas-de-esgoto/>, Acesso em: junho de 2014. PRAXIS – Práticas Sociais no Espaço Urbano. Projetos. Disponível em: <<http://www.arq.ufmg.br/praxis/>>. Acesso em: junho de 2014
28. HERRERA, A. O. The Generation of Technologies in Rural Area. World Development, Vol. 9 p. 21 – 35. London: Pergamon Press Ltd., 1981.
29. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010.
30. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades: Itabira, Minas Gerais. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/233XS>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2014.
31. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de pesquisas, coordenação de população e indicadores sociais. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
32. INSTITUTO 5 ELEMENTOS. Cartilha de sistema de tratamento do esgoto por evapotranspiração. Disponível em: <[http://5elementos.org.br/site/wp-content/uploads/2013/09/800Tratamento\\_do\\_Esgoto\\_por\\_Evapotranspiracao-01.jpg](http://5elementos.org.br/site/wp-content/uploads/2013/09/800Tratamento_do_Esgoto_por_Evapotranspiracao-01.jpg)>, Acesso em: 20 de dezembro de 2013
33. ITAURB. Empresa de Desenvolvimento de Itabira. Itabira. Disponível em: <<http://www.itaurb.com.br>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2014.
34. JUNIOR, A. P. M. NETO, H.F.R. Sistema individual de tratamento de esgoto Fossa séptica, filtro anaeróbico e sumidouro uma alternativa para o tratamento sanitário em comunidades de baixa renda do município de Belém. Trabalho de Conclusão de Curso – Belém, Pará, 2011.
35. JUNIOR, A.D. M.; DA COSTA, J. M. F.; RAMOS, K. M.; MOREIRA, K da S.; ALCÓCER, J. C. A. Utilização de tanques de evapotranspiração para tratamento de esgoto doméstico, em residências em região rural. Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira- UNILAB. In: 10º ENEDS – Rio de Janeiro, RJ, Brasil, setembro de 2013.

36. LARSEN, D. Diagnóstico do saneamento rural através de metodologia participativa Estudo de caso: Bacia contribuinte ao reservatório de Rio Verde, Região Metropolitana de Curitiba, PR. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 182p. 2010.
37. MALAQUIAS, J. V. Precipitação pluviométrica em Planaltina, DF: análise de dados de estação principal da Embrapa Cerrados, 1974 a 2004. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 15p. – (boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X, ISSN online 2176-509X; 299).
38. MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Política Agrícola. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola>>. Acesso em: dezembro de 2013.
39. MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Zoneamento Agrícola. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2014.
40. MARTINS, G.C.M. Proposta de um modelo para gestão ambiental comunitária utilizando princípios da permacultura; Estudo de caso ACEPSJ. Trabalho de conclusão de curso - Florianópolis-SC, 2007.
41. MDA. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. Seguro da Agricultura Familiar (SEAF). Disponível em: <<http://portal.mda.gov.br/portal/saf/programas/seaf>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2014.
42. MUDO, M. da S. A cartilha como instrumento de intervenção da Extensão Rural. Disponível em: <<http://www.ifsertao-pe.edu.br/reitoria/images/ascom/reitoria/artigo%20sobre%20a%20importancia%20da%20cartilha.pdf>> . Acesso em: maio de 2014.
43. NOVAES, A. P. de. et al. Utilização de uma Fossa Séptica Biodigestora para Melhoria do Saneamento Rural e Desenvolvimento da Agricultura Orgânica. São Carlos, SP: Embrapa, 2002.
44. OCB – Organização das Cooperativas Brasileiras. Histórias de Cooperação - 366 Cooperativas Brasileiras que constroem um mundo melhor. Disponível em: <[http://srvrepositorio.brasilcooperativo.coop.br/arquivos/GECOM/historias\\_cooperacao\\_2014.pdf](http://srvrepositorio.brasilcooperativo.coop.br/arquivos/GECOM/historias_cooperacao_2014.pdf)>. Acesso em: maio de 2014.
45. ODM. Objetivos de desenvolvimento do milênio. Relatório Nacional de Acompanhamento. Brasília: IPEA, 2010.
46. PEREIRA, AR. ; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. Evapo(transi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997.
47. PIRES, F. J. Construção participativa de sistemas de tratamento de esgoto doméstico no Assentamento Rural Olga Benário - MG . Dissertação de Mestrado – Viçosa, MG, 2012.
48. PMF – Prefeitura de Fortaleza. Plano Municipal de Saneamento Básico. Disponível em : <<http://www.fortaleza.ce.gov.br/plano-municipal-de-saneamento-basico>> . Acesso em: junho de 2014.
49. PMI – Prefeitura Municipal de Itabira. Plano Municipal de Saneamento Básico. Disponível em: <<http://www.itabira.mg.gov.br/portal/?tag=plano-municipal-de-saneamento-basico>> Acesso em: maio de 2014.
50. PMSS - Programa de Modernização do Setor Saneamento. Financiamento dos Serviços de Saneamento Básico - Fontes de Recursos. Brasília: 2006. Disponível em: <<http://www.riodoce.cbh.gov.br/docs/CapemGestrh/FontesFinanciamento-MinCidades.pdf>>.
51. SAMPAIO, A. D. Universalização dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário em localidades rurais: Um estudo a partir de quatro tipos de prestadores no Estado da Bahia. Dissertação de Mestrado – Salvador, 2013.
52. SANTOS, A.B. & ATHAYDE JUNIOR, G.B. Esgotamento sanitário: qualidade da água e controle da poluição: guia do profissional em treinamento: nível 2. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. ReCESA. Salvador, 2008.
53. SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; ALFONSI, R.R.; CARAMORI, P.H.; SWART, S. Balanços Hídricos Climatológicos do Brasil - 500 balanços hídricos de localidades brasileiras. Piracicaba: ESALQ, 1999.
54. SESCOOP – Serviço Nacional de Aprendizagem do Cooperativismo. Construção Participativa – Guia Metodológico. Disponível em: <[http://www.ocb.org.br/gerenciador/ba/arquivos/05\\_guiametodologico\\_modeloa5.pdf](http://www.ocb.org.br/gerenciador/ba/arquivos/05_guiametodologico_modeloa5.pdf)>. Acesso em: maio de 2014.
55. SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Brasília: SNSA, 2011.
56. SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMNT. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Brasília: SNSA, 2011.

57. SNSA. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/index.php/programas/1389-recesa.html>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2014.
58. SOUZA, L. R.; MACHADO, M. L.; GOMES, I.; VIEIRA, E. M.; SIMÃO, M. L. R.; NAIME, U. J. Zoneamento da aptidão agrícola dos solos da região Norte do estado de Minas Gerais para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.). Seminários de Iniciação Científica e Tecnológica/PIBIC, 2009.
59. SOUZA, M. N. Tecnologias apropriadas, gestão de tecnologias e o desenvolvimento sustentável. Disponível em : <[http://www.riopomba.ifsudestemg.edu.br/portal/sites/default/files/arq\\_paginas/artigo\\_tecnologias\\_apropriadas.pdf](http://www.riopomba.ifsudestemg.edu.br/portal/sites/default/files/arq_paginas/artigo_tecnologias_apropriadas.pdf)> . Acesso em: junho de 2014.
60. SuSanA. Sustainable Sanitation Alliance. Rumo à soluções de saneamento mais sustentáveis. Versão 1.2, fevereiro de 2008. Disponível em: <[http://www.susana.org/docs\\_ccbk/susana\\_download/2-273-po-susana-statement-version-1-2-february-2008.pdf](http://www.susana.org/docs_ccbk/susana_download/2-273-po-susana-statement-version-1-2-february-2008.pdf)> Acesso em: 18 de janeiro de 2014.
61. TEIXEIRA, M. A. Uma agenda para o Babaçu. REN - Revista Econômica do Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil S.A. Nu. 4, Vol. 34, p. 562-590, Out- Dez 2003.
62. TRINDADE, V. A. et al. O cultivo da bananeira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279p.
63. UFV. Universidade Federal de Viçosa. O que é o Plano Diretor?. Disponível em: <<http://www.ufv.br/pdv/que.html>>. Acesso em: junho de 2014.