

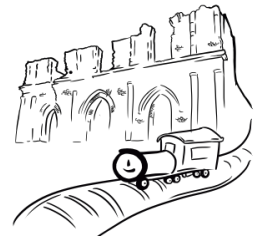
## **Solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano: tratamento de água com elevada turbidez por batelada**

**Saulo Felício Teixeira – Universidade Federal de Minas Gerais – saulo.tx.felicio@gmail.com**  
**Vanessa Rodrigues de Melo – Universidade Federal de Minas Gerais – vanessacivil.eng@gmail.com**  
**Allyson Sullyvan Rodrigues Silva – Universidade Federal de Minas Gerais – asr.silva@yahoo.com.br**  
**Delmo Roncarati Vilela – Universidade Federal de Minas Gerais – drvilela@protonmail.com**  
**Valter Lúcio de Pádua – Universidade Federal de Minas Gerais – valter@desa.ufmg.br**

### **RESUMO**

A universalização do acesso à água potável no Brasil tem no meio rural um grande desafio. Devido à distância até os centros urbanos, e à dispersão entre as residências, muitas vezes a implantação de uma estação de tratamento de água convencional seguida de rede de distribuição não é viável do ponto de vista operacional e econômico. Muitas vezes a própria população desenvolve maneiras de obter água para consumo, mas essas soluções podem não garantir o fornecimento de água de boa qualidade. A busca por soluções alternativas que associem eficiência no tratamento de água, simplicidade de construção e operação e robustez, produz uma gama de alternativas para o abastecimento de água no meio rural. Dentro desta perspectiva, o objetivo deste trabalho é apresentar uma solução alternativa de tratamento de água por batelada para uso em comunidades ou residências isoladas, tal como foi implantado na comunidade quilombola de Lagedo, no município de São Francisco, Minas Gerais. Através da pesquisa participativa, os moradores locais puderam ser incluídos no processo de escolha da configuração adotada para tratamento da água na comunidade. O treinamento dos moradores para operação e gestão ocorreu gradativamente durante visitas mensais à comunidade, e os testes realizados apontam a eficácia do sistema construído em termos de remoção de turbidez e desinfecção e de aceitação pelos moradores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solução alternativa de abastecimento. Tratamento de água por batelada. Abastecimento de água rural.



## **INTRODUÇÃO**

É de amplo conhecimento a relação entre o saneamento e a saúde. Dados relativos ao saneamento básico indicam que é no meio rural onde se tem a maior deficiência nos serviços de abastecimento e tratamento de água. A lei nº 11.445/2007 institui as diretrizes sobre o saneamento rural no Brasil, e destaca entre suas diretrizes (art.48) a “garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares”. Entretanto, é mostrado pelo IBGE (2009) que na prática as áreas rurais ainda apresentam condições precárias de abastecimento de água.

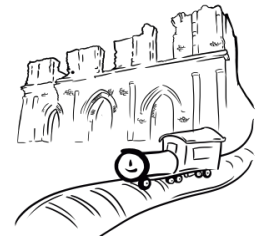
De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) conduzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2008, o abastecimento de água havia atingido a marca de 99.4% dos municípios com rede geral, em pelo menos um distrito. Contudo, 6.6% dos municípios ainda distribuíam água sem qualquer tratamento, e em 6.2% a água distribuída era apenas parcialmente tratada. Ao analisar o meio rural, as condições de abastecimento de água são mais precárias. O Censo Demográfico de 2010, realizado também pelo IBGE, contabilizou que, no Brasil, cerca de 29.9 milhões de pessoas vivem no meio rural, e destas, 67.2% não são providas de rede de abastecimento de água (IBGE, 2010).

A responsabilidade pela vigilância da qualidade da água fica a cargo dos municípios, em sua área de competência (Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 2011). Porém, a descentralização das comunidades rurais e a distância até os centros urbanos dificultam a implantação, operação e monitoramento de sistemas de tratamento de água convencionais nas áreas rurais. As prefeituras muitas vezes não dispõem de corpo técnico suficiente para atender a toda a área rural de forma efetiva.

Para suprir a necessidade básica de abastecimento de água muitas vezes são adotadas soluções alternativas pela própria população, soluções estas que podem não garantir o fornecimento de água dentro dos padrões de qualidade requeridos para manutenção da saúde. Para solucionar o problema que ocorre principalmente nas áreas rurais, existem as soluções alternativas de abastecimento de água, que não devem ser vistas como improvisadas ou destinadas apenas a populações de baixa renda (HELLER & PÁDUA, 2010). Ao levar em conta fatores técnicos, particularidades das fontes de água disponíveis na região, e incluir a participação da população no processo de tomada de decisões, podem ser construídos sistemas de tratamento que priorizem a simplicidade de construção e operação, sem comprometer a qualidade do efluente tratado.

## **METODOLOGIA**

A solução alternativa de tratamento operada por batelada foi concebida e testada durante pesquisa executada pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), na comunidade de Lagedo, dentro do Território Quilombola de Bom Jardim da Prata - no município de São Francisco, Minas Gerais. O projeto de pesquisa objetivava projetar, implantar, monitorar e avaliar um sistema de fácil construção, operação e manutenção; e avaliar os seus aspectos técnicos, econômicos, culturais e de sustentabilidade no abastecimento domiciliar para o tratamento de água proveniente de manancial superficial com elevada turbidez. Além da opinião dos moradores, o processo



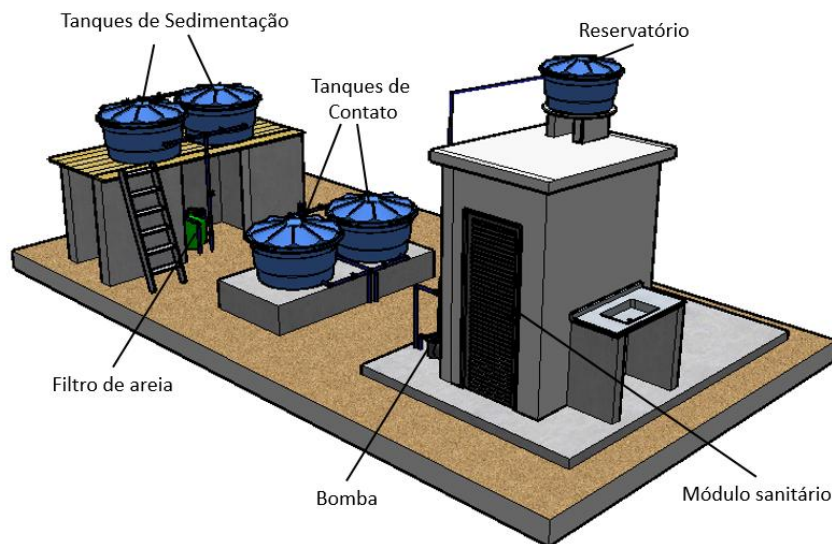
decisório da técnica de tratamento a ser implantada levou em conta o manancial disponível para captação, neste caso o Rio São Francisco, que apresenta grande variação na qualidade ao longo do ano (no período de monitoramento, houve registro de turbidez < 20 uT e > 300 uT).

Este processo convergiu para a proposição de um sistema de tratamento convencional operada por batelada: um sistema robusto de operação simplificada, que presumivelmente parecia promissor quanto ao atendimento aos quesitos técnicos e de sustentabilidade na autogestão pela comunidade. A solução unifamiliar apresentada neste artigo possibilitou a avaliação da eficiência e dos requisitos operacionais da tecnologia antes de ser instalado em escala ampliada, para o atendimento de toda a comunidade, correspondente a cerca de 25 famílias.

A solução alternativa de tratamento de água operada por batelada consiste num conjunto de processos simplificado que faz o uso de coagulante sem unidade destinada à etapa de floculação. Tal simplificação tem a finalidade de dispensar o requerimento de equipamentos eletromecânicos e oferecer maior simplicidade operacional. O sistema, composto de 2 tanques de sedimentação, 1 filtro de areia e 2 tanques de contato, foi dimensionado de modo a tratar um volume de água que atenda ao abastecimento da família por um período mínimo de 24 horas. Os tanques são constituídos de caixas d'água de polietileno.

Figura 1 abaixo mostra uma maquete da solução alternativa construída, com indicação das unidades.

Figura 1 - Maquete com a disposição das unidades da solução alternativa.

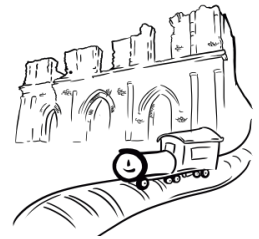


Fonte: Os autores.

A construção das unidades ocorreu durante viagem de campo com estudantes da UFMG, em projeto de extensão universitária. A obra contou com a participação de alunos e moradores da comunidade. Inicialmente foram feitas reuniões para discussão dos tipos de materiais que seriam empregados, sobre a disposição dos elementos do sistema e para formação das equipes de trabalho.

A base dos decantadores foi construída em alvenaria, com 1.5 metros de altura, sobre a qual foi apoiado um tablado de madeira. Este tablado é que suporta o peso dos dois decantadores com capacidade de 500 litros cada um, e tem espaço suficiente para uma pessoa

**XV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL**  
**12 a 14 de novembro de 2018**  
**Alagoinhas- BA, Brasil**



caminhar ao lado dos decantadores (cerca de 60 cm na lateral). A dimensão total do tablado em planta é de 3 x 2.1 metros, composto por madeira serrada comercial.

Foi construída uma pequena base para os tanques de contato (cerca de 30 cm de altura) para que a bomba ficasse em cota inferior à cota de fundo dos tanques, permitindo assim utilizar toda a água tratada. Tanto a base dos decantadores quanto a dos tanques de contato foi feita com tijolos cerâmicos de 20 x 20 x 10 cm, e revestidas com argamassa. Inicialmente um pedreiro da comunidade iria acompanhar os alunos durante a obra, para instruir e sugerir possíveis modificações no projeto. Porém, como o mesmo não pôde comparecer, os alunos juntamente com alguns moradores fizeram todo o trabalho, podendo ter contato com a prática da construção.

As ligações hidráulicas entre as partes foram feitas com tubos de PVC de 25 mm. A tubulação de recalque já estava instalada, pois o morador já fazia uso da água do rio, só foi preciso fazer a conexão desta à entrada dos decantadores.

No fundo dos decantadores foi colocada uma camada de tijolos regularizada com argamassa, para dar uma pequena inclinação em direção à descarga de fundo, facilitando a limpeza dos decantadores, que são as unidades com maior acúmulo de lodo. Outra sugestão de um dos membros da equipe foi de colocar um dispositivo em formato de “espinha de peixe” dentro do decantador, na saída da água decantada, para que a água adentre a tubulação com menor velocidade, evitando arraste de lodo do fundo.

O processo de capacitação do morador da residência que ficaria responsável pela operação da solução alternativa de tratamento ocorreu de forma gradativa, durante visitas mensais à comunidade. Foram apresentados termos relacionados ao tratamento de água, como turbidez, bactérias, cloro residual, dose de coagulante, entre outros. Conforme os testes avançaram, o morador foi treinado para fazer uso de turbidímetro e de kit de medição de cloro residual. Na última visita à comunidade foi entregue um manual de operação, redigido em linguagem informal, para que os moradores possam consultar a dosagem de coagulante e sanar possíveis dúvidas em relação ao tratamento.

### **DESENVOLVIMENTO (RESULTADOS E DISCUSSÕES)**

O processo de tratamento ocorre da seguinte forma: a água bruta recalçada alcança o tanque de sedimentação já contendo a dose de coagulante pré-estabelecida. A turbulência da água ao adentrar o tanque cumpre as funções de mistura e floculação. Após o tempo de sedimentação de 24 horas, a água passa pelo filtro de areia e é encaminhada ao tanque de contato, onde deve permanecer por pelo menos 30 minutos, para a etapa de desinfecção. Feito isto, espera-se que a água já esteja dentro dos parâmetros de turbidez requeridos para o consumo humano. A Figura 2 abaixo apresenta o fluxograma de funcionamento da solução alternativa descrita.

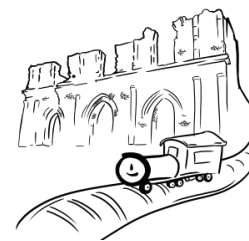
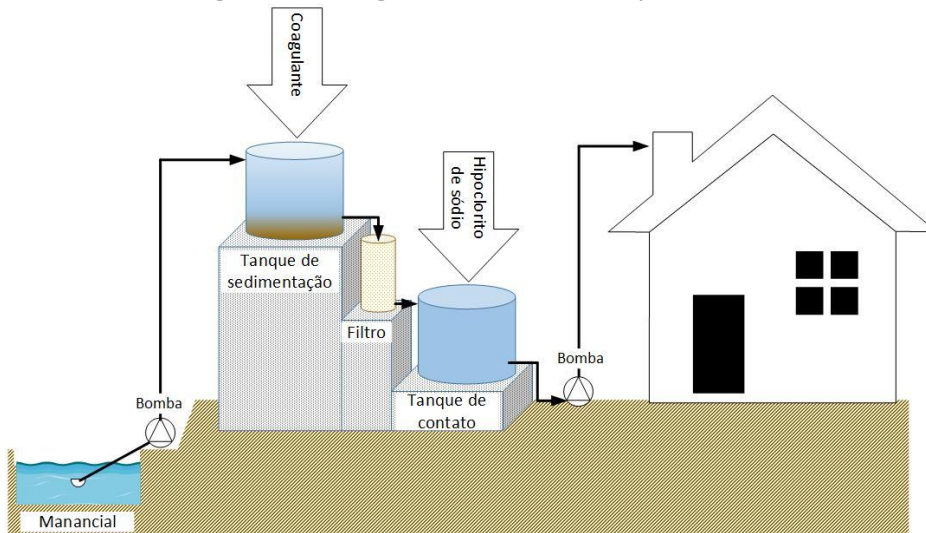


Figura 2 - Fluxograma do tratamento por batelada.



Fonte: Os autores.

O registro do monitoramento da qualidade foi feito somente durante as visitas da equipe à comunidade. O controle diário qualitativo foi realizado pelo morador beneficiado que operava, e este relatou satisfação quanto à qualidade da água fornecida, comparando a mesma à “água da cidade”.

Na Tabela 1 é mostrado o resultado dos testes feitos mensalmente, comparando a turbidez da água bruta, decantada e filtrada.

Tabela 1 - Valores de turbidez no sistema piloto

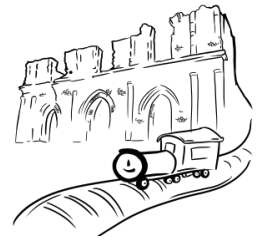
Turbidez da água na solução alternativa (uT)			
Mês	Bruta	Decantada	Filtrada
Agosto 2016	25	12	6.8
Setembro 2016	20	3.2	2.1
Outubro 2016	120	9.8	0.53
Troca do filtro (por gravidade)			
Março 2017	-	14	0.91
Abril 2017	42	49	1.4
Julho 2017	19	3.5	0.81

Fonte: Os autores.

Sobre os resultados apresentados, são feitas as seguintes considerações:

- No mês de março de 2017 não foi feita medição da turbidez da água bruta, uma vez que o morador havia iniciado o processo de tratamento antes da chegada da equipe;

**XV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL**  
**12 a 14 de novembro de 2018**  
**Alagoinhas- BA, Brasil**



- A troca do filtro a que a tabela se refere, consiste na retirada do filtro de piscina instalado inicialmente e sua substituição por um tambor de plástico de 100 litros (comprado em supermercado da região, e anteriormente utilizado para transportar azeitona) com a mesma areia. Desta forma a filtração passou a ocorrer por gravidade;
- No início dos testes do mês de outubro de 2016, verificou-se que a turbidez da água bruta havia aumentado consideravelmente e, portanto, a quantidade de coagulante aumentou para 12 mL de sulfato de alumínio em pó (resultando em uma dose de aproximadamente 25 ppm);
- Observa-se uma melhora na eficiência do filtro de piscina (de agosto a setembro de 2016), que chegou a produzir água com turbidez menor que 1 uT, mesmo não sendo usada areia específica para potabilização de água;
- O valor da turbidez da água decantada no mês de abril de 2017 superou o da água bruta, o que pode ter ocorrido devido ao acúmulo de sedimentos na tubulação.

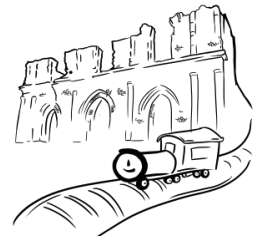
A areia utilizada para filtração foi comprada em loja de piscina, devido à dificuldade em se conseguir areia específica para tratamento de água. Apesar de não possuir a granulometria indicada para tratamento de água para abastecimento, a filtração com areia de filtro de piscina apresentou resultados promissores.

Inicialmente foi instalado filtro de piscina, que opera sob pressão. Após os primeiros testes o filtro foi substituído por um tambor de plástico de 100 litros, que passou a operar por gravidade, com a mesma areia. Para ambos os filtros, após adaptações nos primeiros testes, a solução alternativa passou a fornecer água com turbidez menor que 1 uT.

A área do filtro de tambor é de 1263 cm<sup>2</sup>. O tempo necessário para filtrar os 500 litros de água decantada foi de aproximadamente 1h30min, resultando em uma taxa de filtração de 63 m.d-1. Foi relatado pelo operador que, durante o uso rotineiro do sistema, normalmente a água é filtrada durante maior tempo, deixando, por exemplo, que ela seja filtrada durante a noite, o que tende a favorecer a obtenção de água filtrada de melhor qualidade.

Quanto à desinfecção, desde o primeiro mês de operação foi adicionado hipoclorito de sódio à entrada do tanque de contato. Foi utilizado hipoclorito de sódio distribuído pela vigilância sanitária de São Francisco (frascos de 20 mL de hipoclorito de sódio a 2.5%), sendo orientado o uso de um frasco de 20 mL em cada batelada de 500 litros de água. O valor do cloro residual, medido 30 minutos após o final da filtração, foi de 1.8 mg.L-1, que atende ao VMP (Valor Máximo Permitido) de 2.0 mg.L-1 definido na Portaria MS nº. 2914.

Análises microbiológicas foram feitas por três vezes na solução alternativa, avaliando presença ou ausência de Coliformes totais e E.coli na água bruta e tratada. Todos os ensaios realizados atestaram presença tanto de Coliformes totais quanto E.coli na água bruta. Já a água tratada, apesar de possuir residual de cloro, apresentou presença de Coliformes totais e ausência de E.coli em todos os testes. Como o sistema piloto descrito encontra-se em uma fazenda, a presença de animais pode ter causado contaminação no momento da coleta. Porém a inativação de E.coli em todos os testes realizados aponta para a eficiência do processo de desinfecção.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A solução alternativa de abastecimento apresentada se mostrou promissora para tratamento de água, em termos de remoção de turbidez e desinfecção. O sistema produziu água com turbidez inferior a 1 uT, mesmo para valores mais elevados de turbidez da água do Rio São Francisco. Apesar das análises microbiológicas terem indicado presença de Coliformes Totais nas amostras de água tratada, a presença de cloro residual e a ausência de E.coli nessas mesmas amostras, apontam para a eficiência na etapa de desinfecção. Ressalta-se que mesmo após o início do tratamento, a família foi orientada a continuar utilizando o filtro de barro para a água de beber e cozinhar, o que constitui uma barreira sanitária adicional.

Este tratamento é indicado para cenários em que não há disponibilidade de água subterrânea e a fonte de água superficial possui elevada turbidez (>100 uT). Apesar de a operação ser simplificada em relação ao tratamento contínuo, é necessária a capacitação do operador para realizar dosagem de coagulante e de desinfetante, e também para aprender a manobrar diariamente os registros e bombas do sistema.

Conclui-se, portanto, que solução alternativa de tratamento de água apresentada pode ser empregada em situações semelhantes, em que o isolamento de uma residência na zona rural inviabilize a adoção de um sistema coletivo como solução de abastecimento, e onde a água disponível apresenta elevada turbidez. Recomenda-se, contudo, que o monitoramento da qualidade da água seja feito considerando-se outros parâmetros além da turbidez e de coliformes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos que direta ou indiretamente ajudaram na realização deste trabalho. Em especial, aos moradores de Lagedo, à Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e ao MEC/SESu (Edital Proext 2016) pelo apoio financeiro que viabilizou as viagens, a construção da instalação de tratamento descrita neste trabalho e o monitoramento da qualidade da água.

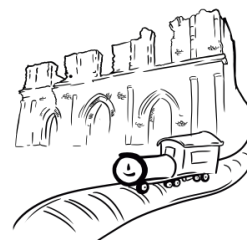
## REFERÊNCIAS

BRASIL. Portaria Nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. . Brasil: [s.n.], 2011.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasil, 2007.

Heller L., Pádua V. L. (org) (2010). **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed., rev. e atual. Belo Horizonte: Editora UFMG, v.1.

**XV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL**  
**12 a 14 de novembro de 2018**  
**Alagoinhas- BA, Brasil**



IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Censo demográfico de 2010.

IBGE. **PNAD**. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2009/>>.

Acesso em: 18/03/2018.