

**598 - INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL NO TRATAMENTO DE ÁGUA:
FLOCO-DECANTAÇÃO PARA UNIVERSALIZAÇÃO DO
SANEAMENTO EM IRAMAIA-BA**

Elvilson Pires Sá Teles⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Especialista em Master BIM – Ferramentas e Processo e em Engenharia de Saneamento Básico e Ambiental. Atua na Embasa na Gestão da Divisão Operacional de Água de Itaberaba-BA - UNEA.

Davi Silva Santana

Tecnólogo em gestão Ambiental. E-mail: davi.santana@embasa.ba.gov.br

Antonio Inácio Santiago Neto

Químico pela Universidade do Estado da Bahia e Mestre em Química pela Universidade Federal da Bahia

Antonio de Freitas Coelho

Biólogo – E-mail: antonio.coelho@embasa.ba.gov.br

Ingryd Santana de Oliveira

Bióloga- E-mail: ingryd.oliveira@embasa.ba.gov.br

Endereço⁽¹⁾: Rua A, Quadra A, 22 – Itaberaba-BA – 46880-000 - BrasilTel: +55 (75) 98132-9327E-mail: elvilson.teles@embasa.ba.gov.br

RESUMO

Iramaia, localizada na Chapada Diamantina, enfrentava um grave déficit no abastecimento de água potável devido ao colapso estrutural de seu módulo de tratamento em 2019. O cenário exigia soluções rápidas, sustentáveis e de baixo custo para atender à demanda de 10.840 habitantes. Este trabalho apresenta a implementação de um sistema emergencial baseado nos 5 "Rs" da sustentabilidade (Repensar, Recusar, Reduzir, Reutilizar e Reciclar), utilizando tecnologias adaptadas, reaproveitamento de materiais e inovação operacional. O sistema floco-decantador em manta de lodo, construído com recursos locais e materiais reutilizados, reduziu custos em mais de 99% em comparação ao projeto de uma nova Estação de Tratamento de Água (ETA). Com eficiência de remoção de turbidez e cor superiores a 70% e 89%, respectivamente, a solução mostrou-se eficaz, sustentável e replicável, destacando-se como um modelo para universalização do saneamento no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Floco-Decantação, Universalização, Reaproveitamento de Recursos, Inovação.

INTRODUÇÃO

Iramaia-BA enfrentava uma crise hídrica severa, agravada pelo colapso estrutural do módulo de floculação e decantação em 2019 (Figura 1). A estrutura, em concreto armado, apresentou patologias graves, inviabilizando o tratamento da água captada no Rio Una, caracterizado por altos níveis de turbidez (6,56 NTU) e cor (380 u.c.). Com um déficit de 15 m³/h entre oferta e demanda, a situação comprometeu o abastecimento para os 10.840 habitantes. Diante do custo estimado em R\$ 20 milhões para a construção de uma nova ETA modular e do prazo de implantação superior a um ano, a Embasa buscou uma solução emergencial. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma abordagem sustentável e inovadora no tratamento de água, assegurando a potabilidade conforme a Portaria GM/MS nº 888/2021. A proposta baseou-se nos 5 "Rs" da sustentabilidade, utilizando materiais reutilizados, tecnologias acessíveis e processos eficientes para resolver o problema em curto prazo, com baixo impacto ambiental e alta viabilidade econômica.



Figura 1: Estrutura do floculador e decantador existente em colapso, localizada na ETA Iramaia.



Figura 1: Estrutura do floculador e decantador existente em colapso, localizada na ETA Iramaia.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma abordagem sustentável e inovadora para o tratamento de água em Iramaia-BA, que enfrentava um déficit no abastecimento devido ao colapso estrutural de seu módulo de floculação e decantação em 2019. O projeto busca implementar o conceito de sustentabilidade através dos 5 "Rs": repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar, utilizando materiais reutilizados e tecnologias acessíveis. A solução envolve o uso da tecnologia de floco-decantação em manto de lodo, seguida de filtração, para tratar a água de forma eficiente e atender aos padrões de potabilidade da Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde. A proposta destaca-se pela viabilização de um sistema de tratamento alternativo de fácil montagem, com implantação imediata e baixo custo, reduzindo despesas em mais de 99% e garantindo a oferta de água potável à comunidade de Iramaia.

METODOLOGIA UTILIZADA

O projeto inicial de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) modular em aço, estimado em R\$ 20 milhões com prazo de instalação de 180 dias, revelou-se inviável para atender à urgência da população de Iramaia-BA. Diante dessa situação, a Embasa desenvolveu uma solução emergencial de baixo custo, baseada nos princípios dos 5 "Rs" da sustentabilidade (Repensar, Recusar, Reduzir, Reutilizar e Reciclar). A solução implementada foi um sistema de floco-decantação em manta de lodo, adaptando materiais disponíveis localmente para garantir a eficiência operacional.

O sistema inicial, que previa a construção de uma ETA modular convencional, foi substituído por uma alternativa sustentável e economicamente viável. A partir das técnicas de remoção de cor e turbidez, seis reservatórios de fibra de vidro, provenientes de sistemas desativados, foram reaproveitados e convertidos em unidades de floco-decantação. Essa adaptação possibilitou a implementação de um sistema funcional, com custos significativamente reduzidos e em menor tempo. Segundo Cavazzana et al. (2008), os decantadores de manta de lodo são uma solução eficiente, especialmente em sistemas que demandam redução de custos e área ocupada. A água coagulada é conduzida em fluxo ascendente pela zona de lodo, o que favorece a formação de flocos e melhora a decantação.

Na adaptação dos reservatórios como floco-decantadores, seis reservatórios de fibra de vidro, com capacidade individual de 20 m³, foram interligados em série, formando o núcleo do sistema de floco-decantação (Figura 2). As tubulações foram configuradas no modelo "espinha de peixe", utilizando DN 150 mm na entrada e derivações DN 60 mm com furos de 3/8". Camadas de brita (15 cm de brita ¾" e 10 cm de brita ½") foram adicionadas para controlar a velocidade ascensional e estabilizar o manto de lodo.

Segundo Cavazzana et al (2008) que embora por vezes empregados no tratamento de águas para fins industriais, os decantadores de manta de lodos ou floco-decantadores, nos quais a floculação e decantação ocorrem na mesma unidade, raramente encontram aplicação nos sistemas públicos de abastecimento brasileiros. Constituem-se em alternativa para redução dos custos de implantação, via redução de área, pois, nestas unidades, a água coagulada afluí em escoamento ascendente na zona de lodo, favorecendo os choques entre as partículas desestabilizadas e a consequente formação dos flocos.

Os floco-decantadores de manto de lodos assumem a forma prismática ou, mais comumente, de tronco de pirâmide, operando com taxas de escoamento superficial superiores aos decantadores de escoamento horizontal, atingindo 50 a 100 m³ /m² /dia, dependendo das características da água bruta, da eficiência da coagulação e do eventual uso de polímeros como auxiliares de coagulação. O projeto hidráulico dos floco-decantadores tende a reduzir a ocorrência de curtos-circuitos, a favorecer a dispersão uniforme da água coagulada e a remoção de lodo, Cavazzana et al (2008).

As unidades de floco-decantação apresentam limitações para água bruta de baixa turbidez pela dificuldade de formação do manto. Uma segunda limitação refere-se à significativa redução do tempo de detenção, usualmente inferior a 30 min, comparado ao que se verifica quando do emprego de unidades de floculação e decantadores de escoamento horizontal (2,5 h). Desta forma, eventual coagulação inadequada rapidamente manifesta-se no afluente às unidades filtrantes. Uma terceira, e menos relevante, limitação reporta-se à grande dificuldade para alteração dos gradientes de velocidade de floculação, que também vigora na quase totalidade das unidades de floculação hidráulica. Mesmo nas estações dotadas de floculação mecanizada – nas quais torna-se mais facilmente exequível a variação dos gradientes de velocidade, são raríssimos os exemplos no País e no exterior deste tipo de adequação às variações das características da água bruta, Matsumoto (2000).

Em vertente semelhante, a relevância da eficiência da coagulação eleva-se com o emprego desta tecnologia, tanto pelo menor tempo de floculação, ou de detenção no floco-decantador, quanto pela menor probabilidade da ocorrência da sedimentação diferencial no interior da unidade, este fenômeno pode suceder tanto na entrada do decantador, próximo à cortina de distribuição, quanto no interior da própria unidade. A coleta de água decantada realiza-se por tubos perfurados ou calhas de seção retangular, e a extração de lodo por descarga hidráulica. Esta concepção é praticamente inédita no Brasil, Cavazzana et al (2008).

Di Bernardo (1993) recomenda as seguintes especificações para unidades de floco-decantação:

- ✓ A adoção de velocidades da ordem de 0,15 a 0,30m/s na entrada dos decantadores e gradiente de velocidade médio menor que 20s;
- ✓ O decantador com remoção manual de lodo deve: ser provido de descarga(s) de fundo para que o esvaziamento seja efetuado em tempo menor que 6 horas; ter as descargas de fundo localizadas, preferencialmente, na zona de maior acumulação de lodo; ter o fundo com declividade mínima de 5% no sentido do local de descarga;
- ✓ Nos decantadores convencionais, com remoção de lodo, deve ser prevista uma altura adicional suficiente para acumular o lodo resultante de 60 dias de funcionamento;
- ✓ A remoção hidráulica do lodo acumulado exige o fundo inclinado com ângulo superior a 50° (com o plano horizontal) formando poço em formato de tronco de pirâmide ou de cone invertido, devendo a descarga ser localizada na sua extremidade inferior;
- ✓ A descarga deve possibilitar que o lodo seja observado;

DA MANTA DE LODO

Quando a entrada do decantador é feita na zona de lodo, os mesmos são chamados de decantadores de manto de lodo, os quais trabalham com taxas de escoamento superficiais normalmente maiores que os de escoamento horizontal. Esse processo apresenta certas dificuldades de formação e manutenção do manto já que a há dificuldades de formação do manto para águas de turbidez menor que 50uT (Di Bernardo, 1993).

Os sistemas com unidades de decantação e floculação conjunta possuem uma zona, em meio ao manto de lodo formado, com alta taxa de encontros entre partículas, o que depende da água bruta, da eficiência da coagulação e do uso de polímeros, embora sejam encontradas ETA operando com taxas até 240 m³/m²/dia (Di Bernardo e Dantas, 2005).

A tecnologia de floco-decantação foi operada com uma taxa de escoamento superficial média de 41,5 m³/m²/dia e tempo de detenção hidráulica de 24,5 minutos. Esses parâmetros foram ajustados para as características do manancial superficial do Rio Una. A zona de lodo formada no processo foi fundamental para a retenção de partículas em suspensão (Figura 3).



Figura 2: Reservatórios adaptados na ETA Iramaia.



Figura 3: Sistema em operação com zona de lodo formada.

Após a decantação, a água foi recalçada para os filtros ascendentes existentes, configurados para atender à demanda emergencial. O sistema de recalque utilizou bombas reaproveitadas, promovendo eficiência e economia de recursos. A Figura 4 apresenta a vista geral do sistema de filtração e recalque.



Figura 4: Vista geral do sistema de filtração e recalque.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema emergencial implantado demonstrou resultados significativos, atendendo aos parâmetros de potabilidade e reduzindo custos de forma expressiva. Os principais resultados do sistema implantado estão detalhados na tabela abaixo e evidenciados na Figura 5.

Tabela 1: Resultados Operacionais

<i>Parâmetro</i>	<i>Água Bruta</i>	<i>Água Decantada</i>	<i>Água Tratada</i>
<i>Turbidez (uT)</i>	6,56	2,0	0,8
<i>Cor (uC)</i>	380	15	5
<i>pH</i>	6,2	6,5	6,8
<i>Alcalinidade (mg/L)</i>	68	65	64
<i>Eficiência na remoção (%)</i>	-	75%	92%

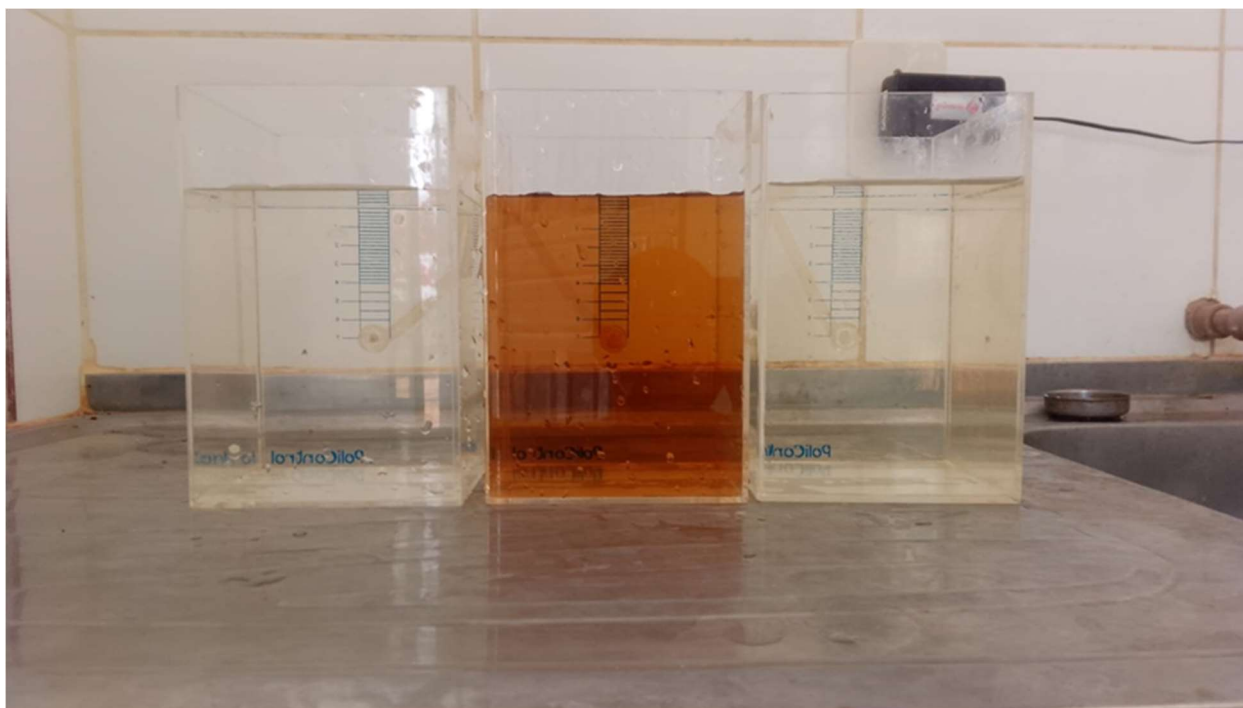


Figura 5: Vista geral da cor de água bruta, pré-filtro e pós-filtro.

A operação em baixas taxas de escoamento garantiu a formação de um manto de lodo estável, permitindo maior eficiência na remoção de turbidez e cor. O ciclo de filtração foi prolongado para 36 horas, reduzindo a frequência de manutenções e perdas de água no processo. O custo de implantação foi reduzido em mais de 80% em comparação ao projeto original. A reutilização de materiais e a utilização de energia de forma racional minimizaram o impacto ambiental, alinhando-se aos princípios de sustentabilidade.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A solução emergencial desenvolvida pela Embasa para a ETA de Iramaia demonstrou como os princípios da sustentabilidade podem ser aplicados de forma prática e eficiente em situações de crise. A tecnologia de floco-decantação em manta de lodo mostrou-se viável e adaptável, atendendo às necessidades locais com custos reduzidos e impactos ambientais minimizados. Recomenda-se a replicação desta abordagem em outras localidades com desafios semelhantes, com monitoramento contínuo e melhorias progressivas no sistema. Além disso, sugere-se a instalação de sistemas complementares para tratamento de efluentes e avaliação de coagulantes alternativos para maior eficiência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. NBR 12216. ABNT. Rio de Janeiro-RJ. 1992.
2. BOFF, L. Sustentabilidade – O que é. O que não é. Editora Vozes, Rio de Janeiro, 2015.
3. DI BERNARDO, L. Tratamento de água por filtração direta. ABES, Rima, Rio de Janeiro, 2003.
4. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria GM/MS nº 888/2021. Dispõe sobre os padrões de potabilidade da água.
5. CAVAZZANA, M. et al. Floco-decantadores e tecnologias de tratamento de água. Revista de Engenharia Ambiental, 2008.