

## **AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CALDEIRAS DE ALTA PRESSÃO: Estudo de Caso Realizado em uma Agroindústria Sucroenergética de Grande Porte Localizada na Região Centro Oeste de Minas Gerais.**

Rosane Aparecida Cardoso<sup>(1)</sup>

Laureilton José Almeida Borges<sup>(1)</sup>

Winício Júnior Alves<sup>(1)</sup>

Hygor Aristides Victor Rossoni<sup>(2)</sup>

### **QUÍMICA AMBIENTAL**

**RESUMO** – A água é um elemento fundamental para o desempenho das caldeiras de alta pressão, sendo necessário monitorar sua qualidade, analisando características físicas, químicas e biológicas. O presente trabalho é caracterizado como estudo de caso, sendo seu objetivo analisar o processo de tratamento de água usado por uma usina sucroenergética de grande porte da região Centro Oeste de Minas Gerais, identificando os parâmetros analisados e os benefícios obtidos. A coleta de dados foi feita com base em boletins de produção, projetos e formulários disponibilizados pelo setor de Tratamento de Água e Laboratório Industrial da empresa analisada. O tratamento da água é feito com base na desmineralização, sendo esta composta por duas cadeias A e B, com capacidade individual de 75 m<sup>3</sup>/h. Analisaram-se três parâmetros da água ao longo do seu tratamento, o pH, a condutividade e a quantidade de sílica. Além disso, constatou-se que cerca de 84% da água utilizada na caldeira é proveniente do retorno de vapor e que, aproximadamente, 16% é de água desmineralizada para completar o processo. Com base no sistema de tratamento de água estudado, constatou-se que os valores de pH, condutividade e sílica apresentaram resultados dentro dos padrões recomendados, tornando-se mais estáveis após o tratamento, o que evita a formação de incrustações, corrosão dos equipamentos e a ocorrência de arrastes. Também, observou-se que a água utilizada no ciclo de vapor da caldeira possui um bom índice de reaproveitamento, minimizando gastos com tratamento de água para tal finalidade e com isso, minimizando o uso de recursos naturais.

**Palavras-chave:** Método desmineralização; Usinas sucroalcooleiras; Geração de vapor.

### **INTRODUÇÃO**

As caldeiras são equipamentos destinados basicamente para produção de vapor. Atualmente, o vapor constitui o modo mais econômico e prático de se transferir calor em processos industriais, além disso, é usado para geração de trabalho mecânico.

Dentro de uma unidade de processo, a caldeira é um equipamento de elevado custo e responsabilidade, cujo projeto, operação e manutenção são padronizados e fiscalizados por uma série de normas, portanto a operação segura e eficiente de uma caldeira é extremamente dependente da qualidade da água disponível para alimentação da mesma. A maior preocupação no tratamento de água em caldeiras é a retirada dos elementos nocivos para sua aplicação, que podem gerar baixa eficiência operacional, surgimento de corrosões nas tubulações e o consumo excessivo de combustíveis. A água captada possui dissolvida ou em suspensão, gases, matéria orgânica e sais de diferentes tipos de metais, assim antes de ser

<sup>(1)</sup> Estudante do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, IFMG - Campus Bambuí, Departamento de Pós Graduação, e-mail: [mestrado.sustentabilidade@ifmg.edu.br](mailto:mestrado.sustentabilidade@ifmg.edu.br).

<sup>(2)</sup> Docente/Pesquisador UFV – Campus Florestal. Docente/Orientador IFMG - Campus Bambuí, Departamento de Pós Graduação, e-mail: [hygorrossoni@yahoo.com.br](mailto:hygorrossoni@yahoo.com.br).

utilizada é necessário realizar um tratamento para a eliminação seletiva de contaminantes (SANTOS e SANTOS, 2013).

## **METODOLOGIA**

O presente estudo foi desenvolvido em uma agroindústria de grande porte, com capacidade de moagem de 3,2 milhões de toneladas/ano e atua na produção de açúcar, etanol e energia, localizada no Centro Oeste de Minas Gerais. Na empresa há duas caldeiras aquatubulares de alta pressão, operando com pressão de 67 kgf/cm<sup>2</sup> cada, com capacidade e de processamento de 45000 toneladas/hora, com produção de vapor á 490 °C. Para geração de vapor nas caldeiras, a água passa por um tratamento específico chamado desmineralização a fim de atender os parâmetros pré-estabelecidos para a confiabilidade do equipamento.

Foi realizado um estudo de caso, sobre o método de desmineralização de água para caldeiras de alta pressão e sua importância. Bruyne, Herman e Schoutheete (1977) afirmam que, o estudo de caso justifica sua importância por reunir elementos numerosos e detalhados que permitem apreender a totalidade de uma situação.

As coletas de dados foram realizadas em campo, na Estação de Tratamento de Água – (ETA) e no Laboratório Industrial, através de boletins de produção, projetos e formulários disponibilizados pela empresa. Foram analisados Ph, condutividade elétrica e sílica, sendo que os dados amostrados são coletados 3 vezes por dia para monitoramento da água de alimentação das caldeiras. O consumo de água da empresa é monitorado por medidores de vazão, instalados em postos estratégicos do processo. Todos os dados são referentes a abril de 2018.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A água utilizada para alimentação das caldeiras é captada nos rios Santana e São Francisco, localizados próximo ao empreendimento, o volume outorgado para cada um destes pontos são de 1051 m<sup>3</sup>/h e 1500 m<sup>3</sup>/h, respectivamente. A captação de água realizada no mês de abril foi de 398.261,00 m<sup>3</sup>, para alimentação de toda a indústria.

Na Estação de Tratamento de Água (ETA) a água passa por um tratamento convencional, que atua primeiramente sobre as impurezas mais grosseiras, tais como turbidez, sólidos em suspensão e material orgânico. A água bruta a ser clarificada e filtrada é bombeada, passando primeiro pelo dispensor hidráulico, onde receberá a dosagem dos reagentes químicos, o hipoclorito de sódio para realizar a pré-oxidação de matéria orgânica, o

hidróxido de sódio para realizar a pré-alkalinização, o policloreto de alumínio para a coagulação e o polímero para floculação. Em seguida, à água passa pelos flocculadores, onde ocorre o processo de aglomeração das partículas já coaguladas em flocos. Por fim, a água é encaminhada aos filtros secadores bifluxo, e posteriormente para o tanque de água tratada. Esta água é destinada ao consumo no processo produtivo industrial. A ETA possui capacidade de 200 m<sup>3</sup>/h, operando em média com 180 m<sup>3</sup>/h.

Após o tratamento convencional se faz necessário um tratamento mais avançado para alimentação das caldeiras, a desmineralização. A unidade de desmineralização estudada é composta por duas cadeias A e B, com capacidade individual de 75 m<sup>3</sup>/h. Cada uma das cadeias de desmineralização é composta por: filtro de carvão ativado, vaso catiônico, vaso aniônico e vaso de leito misto.

A água bombeada do reservatório de água tratada, passa pelo filtro de carvão ativado, que são vasos onde está instalado o manto filtrante. Este processo reduz a matéria orgânica e os sólidos suspensos e elimina todo o cloro residual. Em seguida, a água é encaminhada para o vaso de troca catiônica, onde passa por leitos formados com resina fortemente ácida. Como o leito de resina durante o ciclo de produção opera no ciclo hidrogênio (H<sup>+</sup>), os cátions dissolvidos existentes na corrente de água influente, são permutados e substituídos por íons hidrogênio (H<sup>+</sup>). A água descationizada alimenta então os trocadores aniônicos, onde através das resinas aniônicas que operam no ciclo hidroxila (OH<sup>-</sup>), permutam os radicais aniônicos pelos íons hidroxila, removendo os ânions que formam os ácidos oriundos do trocador catiônico, produzindo a água desmineralizada, que é encaminhada para o reservatório.

No gráfico 1, é possível observar que no vaso aniônico os valores do PH sofrem alta variação, com máximo de 10,5 e mínimo de 5,1, esta etapa é destinada a permutar os radicais aniônicos e remover os ânions que formavam os ácidos oriundos do trocador catiônico. Após a entrada no tanque de armazenamento de água desmineralizada o valor de PH se firma, sofrendo pequenas variações, com valor mediano de 8,95 no mês de abril.

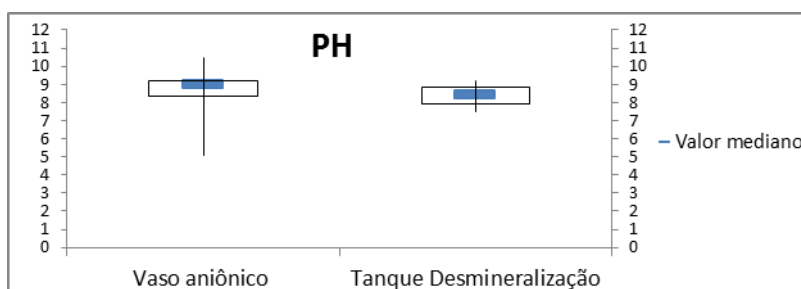


Gráfico 1 - Comparação de PH entre a água do vaso aniônico e o reservatório de água desmineralizada.

Fonte: Boletim de controle Estação de Tratamento de Águas (2018).

No gráfico 2, nota-se que o parâmetro condutividade da água, após a sua saída do vaso aniônico, sofre uma grande variação de 0,21 a 37,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , devido a permuta dos radicais aniônicos ( $\text{SO}_4$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SiO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^-$ ). Após a passagem pelo vaso de leito misto e posteriormente ser armazenado no reservatório de água desmineralizada, os valores se consolidam, variando apenas de 3,1 a 16,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

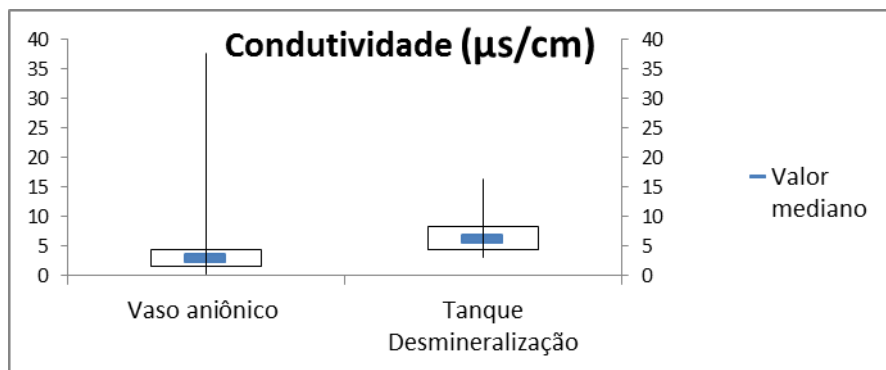


Gráfico 2 - Condutividade da água do vaso aniônico e do reservatório de água desmineralizada.

Fonte: Boletim de controle Estação de Tratamento de Águas (2018).

No gráfico 3, é possível identificar o monitoramento da sílica, componente que deve ser reduzido a níveis aceitáveis na água, devido seu alto poder de gerar incrustações em caldeiras. O teor de sílica apresenta variações no vaso de leito misto em níveis entre 7 e 35 ppb, porém ao terminar o processo no vaso de leito misto e posteriormente ser armazenado no tanque de desmineralização, os valores se estabilizam e o teor de sílica diminui devido a mistura no tanque e seu volume armazenado.

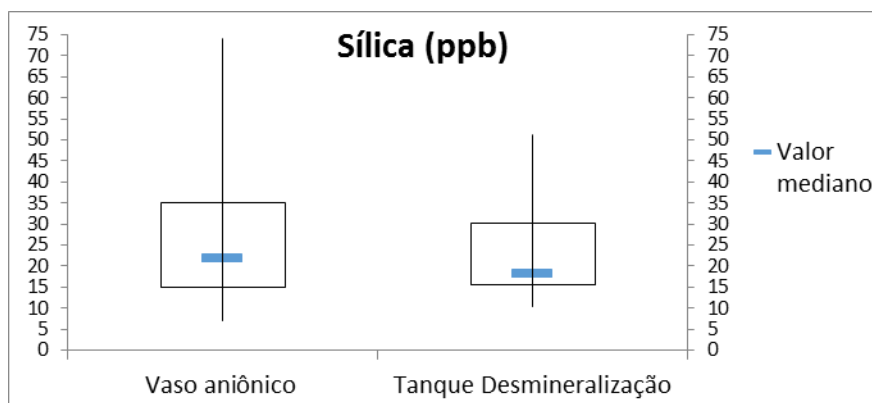


Gráfico 3 - Comparação do teor de sílica entre a água do vaso aniônico e o reservatório de água desmineralizada.

Fonte: Boletim de controle Estação de Tratamento de Águas (2018).

O ciclo de uso do vapor é fechado, portanto, após o uso no processo produtivo para evaporação, cozimento, aquecimento e destilação, o condensado é retornado para as caldeiras. Em abril/2018, o consumo total de água das caldeiras foi de 154.617  $\text{m}^3$ , onde 130.455  $\text{m}^3$

foram de retorno de condensado e 24.162 m<sup>3</sup> foi água desmineralizada, sendo que aproximadamente 84% deste consumo foi proveniente do reaproveitamento do retorno de vapor que se condensou no processo e apenas cerca de 16% do consumo foi proveniente de água tratada (desmineralizada).

No gráfico 4, observa-se que para a moagem de 369.033,71 toneladas de cana, a caldeira consumiu 2,83 m<sup>3</sup> de água (condensado e água desmineralizada) por tonelada moída, produziu 189.126 ton. de vapor e gerou 24.194 MW/h de energia. O consumo total de água na área industrial em abril foi de 1,07 m<sup>3</sup> por tonelada de cana moída.

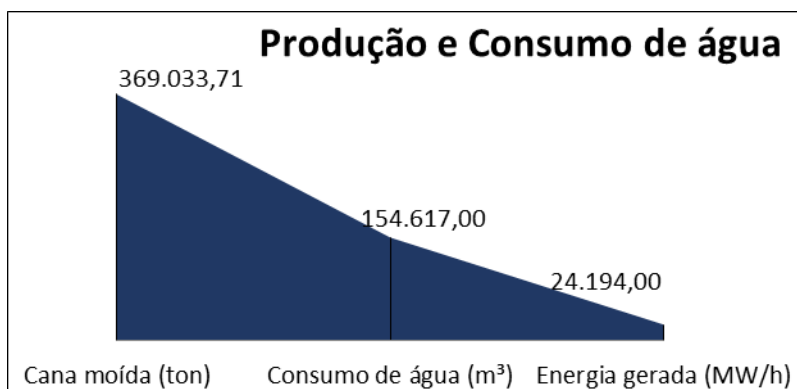


Gráfico 4 – Consumo de água das caldeiras por tonelada de cana moída e de energia gerada.

Fonte: Boletim de controle Estação de Tratamento de Águas (2018).

## CONCLUSÕES

Com base nos dados referentes ao tratamento de água da empresa analisada, constatou-se que o processo se inicia de forma simplória com o tratamento convencional até as etapas mais avançadas que levam a desmineralização. Os valores de pH, condutividade e sílica reduziram sua margem de variação, tornando-se mais estáveis após o tratamento. Este tipo de processo evita a formação de incrustações, corrosão, consumo de combustíveis, aumenta a confiabilidade do equipamento e a eficiência do processo. Além disso, observou-se que a água utilizada no ciclo de vapor da caldeira possui um bom índice de reaproveitamento (84%), minimizando gastos com tratamento e consumo de água.

## REFERÊNCIAS

BRUYNE, P.; HERMAN, J.; SCHOUTHEETE, M. Dinâmica da pesquisa em ciências sociais: os polos da prática metodológica. Rio de Janeiro: F. Alves, 1977. 251 p.

SANTOS FILHO, N. N.; SAMPAIO DOS SANTOS, D. A importância do tratamento de água na indústria para um bom aproveitamento no processo industrial. In: Encontro Nacional de Tecnologia Química, 6, 2013, Maceió -AL.