



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## PROPOSTA DE REÚSO DA ÁGUA DE CALDEIRA DE UMA INDÚSTRIA PET FOOD

**Autores: Gabriela Costa Cappellaro; Patrice Monteiro de Aquim**

**Resumo:** A crescente demanda de água doce em indústrias trouxe importância ao tema de reúso de águas residuais, uma vez que assim a água poluída ainda pode ser recuperada e reutilizada, trazendo benefícios. Neste contexto, este trabalho apresenta o estudo de uma indústria pet food do Vale do Sinos e tem como objetivo avaliar a sua demanda hídrica e a possibilidade do reúso da água de purga da sua caldeira. A metodologia do trabalho consistiu em quantificar a demanda hídrica da indústria, seguida da caracterização do sistema de geração de vapor e seu tratamento de água e da verificação das possibilidades de reúso da água de purga. Além disso, a caracterização da água de purga foi realizada por meio de ensaios em laboratório, dos parâmetros alcalinidade hidróxida, parcial e total, cloretos, condutividade, dureza, ferro total, pH, sílica e sólidos dissolvidos. Os resultados obtidos mostraram que os parâmetros alcalinidade parcial e dureza são os limitantes do reúso da água de purga na caldeira, necessitando de tratamento prévio, contudo identificou-se a possibilidade da utilização direta da água de reúso na umidificação do biofiltro e em disposição em solo agrícola.

**Palavras-chave:** indústria pet food; geração de vapor; purga; água residual.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## PROPOSTA DE REÚSO DA ÁGUA DE CALDEIRA DE UMA INDÚSTRIA PET FOOD

**Abstract:** *The growing demand for fresh water in industries has brought importance to wastewater reuse since polluted water can still be reclaimed and reused bringing benefits. In this context, this work presents the study of a pet food industry from Vale dos Sinos and aims to evaluate its hydric demand and the possibility of reusing the purge water of its boiler. The work methodology consisted in quantifying the water demand of the industry, followed by the characterization of the steam generation system and its water treatment and the verification of the possibilities of reuse of the purge water. In addition, the characterization of the purge water determined through of laboratory tests concerning hydroxide alkalinity, partial alkalinity and total alkalinity, chlorides, conductivity, hardness, total iron, pH, silica and dissolved solids. The results showed that the parameters partial alkalinity and hardness are the limiting of the reuse of the purge water in the boiler requiring prior treatment, however, it was identified the possibility of the direct use of the reuse water in the humidification of the biofilter and in soil disposal agricultural.*

**Keywords:** *Pet food industry; steam generation; purge; wastewater.*

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

## 1. INTRODUÇÃO

A água e a energia são recursos naturais de grande importância à vida humana e a preocupação em conservá-las se torna cada vez maior. A fim de evitar a escassez de água, cresce a necessidade de aplicação de técnicas sustentáveis para sua utilização ou aproveitamento. Nesse contexto, surgem alternativas para a reutilização da água em usos que a aceitem com qualidade inferior a potável (SANTOS; RIBEIRO; BARBOSA, 2016).

A geração de vapor tem se mostrado indispensável em diversas aplicações. Em atividades industriais, o vapor é utilizado em limpezas, esterilização, aquecimento, movimentação de equipamentos e no uso direto em processos como matéria prima (NOGUEIRA, 2005).

As caldeiras podem ser classificadas quanto a critérios, sendo eles: categoria de pressão; tipo de combustível; tecnologia de combustão e tiragem do ar e dos gases de combustão.

De acordo com a NR-13 (2017), as caldeiras são classificadas em duas categorias de pressão. Na categoria A enquadram-se caldeiras cuja pressão de operação é igual ou superior a 1960 kPa com volume superior a cinquenta litros, enquanto na categoria B enquadram-se caldeiras cuja pressão de operação é entre 60 e 1960 kPa, volume interno superior a cinquenta litros e produto entre a pressão de operação em kPa e o volume interno em m<sup>3</sup> superior a seis.

As caldeiras ainda são classificadas quanto disposição relativa dos gases e fluido de trabalho, sendo os três tipos principais as flamotubulares, aquotubulares e mistas (SENGER, 2015).

O objetivo de utilizar água de alimentação de boa qualidade nas caldeiras é impedir a ocorrência de prejuízos ao sistema gerador de vapor. Sendo assim, a água de alimentação de caldeiras deve apresentar baixa quantidade de sais e óxidos dissolvidos, ausência de oxigênio dissolvido, materiais em suspensão e orgânicos, temperatura elevada e pH adequado (SANTOS, 2016).

Santos (2016) especifica a necessidade de analisar os seguintes parâmetros: alcalinidade hidroxida, alcalinidade total, condutividade, dureza total, ferro total, matéria orgânica, oxigênio dissolvido, pH, sílica, sólidos totais dissolvidos.

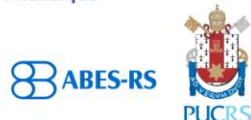
A água de alimentação de um sistema gerador de vapor precisa ser tratada para que se adeque aos parâmetros controlados. A escolha do tratamento depende de alguns fatores, como: qualidade da água bruta, pressão de trabalho da caldeira, tipo de indústria, qualidade requerida do vapor, ou seja, da necessidade de operação do sistema. Obviamente que quanto menos impurezas estiverem presentes na água, menor será o tratamento necessário e quanto menor o grau de exigência do equipamento, menor será a exigência do tratamento (SANTOS, 2016). No tratamento de água de alimentação de caldeiras podem ser aplicados diferentes métodos, de duas formas: externa e interna (TROVATTI, 2014).

A descarga de geradores de vapor consiste na retirada periódica da água concentrada no interior da caldeira, com o objetivo de manter o nível máximo de sólidos dissolvidos e em suspensão no sistema (SAREV, 1998). A purga pode ocorrer como descarga de nível ou descarga de fundo. A descarga de nível visa limitar o teor de sólidos dissolvidos na água da caldeira e ocorre de forma contínua. A descarga de fundo tem o objetivo de remover a lama e parte dos sólidos dissolvidos da água de caldeira e ocorre de forma intermitente, podendo ser de curta ou de longa duração (SAREV, 1998).

Alguns problemas podem ser causados no sistema gerador de vapor quando a água de abastecimento do sistema não atende aos parâmetros especificados. É o caso de ocorrência de problema como corrosão, incrustação e arraste (ZARPELON; AZZOLINI, 2015).

A poluição, o crescimento populacional e as mudanças climáticas são fatores que contribuem para a diminuição da disponibilidade de água potável. Diante disso, evidencia-se a necessidade da gestão da utilização dos recursos hídricos, a fim de evitar o desperdício de água doce do planeta. Desta forma, soluções inovadoras e sustentáveis surgem com o objetivo de combater essa escassez. Sendo assim, o reúso de água é uma alternativa para o combate a escassez, onde a água de reúso atua para

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

controlar a demanda do recurso primário, além de poder complementar na sua disponibilidade (SANTOS et al., 2016).

A aplicação do reúso nas indústrias é um passo importante e estratégico para se alcançar um desenvolvimento sustentável e para garantir a sobrevivência das indústrias, principalmente diante dos possíveis benefícios ambientais, econômicos e sociais passíveis de serem alcançados (AQUINO, 2015).

Alguns autores apresentam alternativas de reúso em caldeiras. O estudo de Xu et al (2016) apresenta o reúso de água na alimentação de caldeiras no setor petroquímico. Os autores aplicaram o amolecimento avançado como pré tratamento para o reúso, visando a remoção de sílica sem formação de lodo e concentrado. Os resultados satisfatórios apontam uma alternativa interessante para remoção de sílica da água para reúso na alimentação de caldeiras. Hurwitz et al (2015) estudaram a reutilização da água de purga da caldeira na alimentação da própria caldeira. O tratamento proposto para água de purga foi a coagulação e a filtração por membrana. A nanofiltração direta foi utilizada para remoção de material orgânico e salinidade da água de purga. Neste estudo obteve-se a redução de 4x do volume de entrada de água e da geração de águas residuais de purga, de forma eficiente.

Diante deste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a possibilidade de reúso da água de purga da caldeira em uma indústria de alimentos *pet food* do Vale dos Sinos.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Balanço hídrico da indústria

Para elaboração do balanço hídrico foram levantados dados do consumo de água e da geração de efluentes da indústria em estudo, referentes ao período de janeiro a julho de 2017. A água captada pela indústria em questão é utilizada no processo produtivo, nos equipamentos, nos sanitários e no refeitório.

As informações foram retiradas das planilhas de registros da empresa. O volume de água utilizado nos sanitários e no refeitório foi calculado baseando-se na NBR 7229 (ABNT, 1993), a qual estabelece a contribuição diária média de efluente por ocupante de indústrias.

O balanço hídrico foi elaborado considerando-se uma produção diária total de 221,1 t/dia. O processo produtivo em estudo ocorre nas fábricas 1, 2 e 3. Para a determinação do consumo de água das fábricas considerou-se as capacidades de produção de 2,0, 4,5 e 3,8 t/h, respectivamente. Além disso, considerou-se a ocorrência de 5 paradas para *setup* em cada fábrica, em 24 horas produção, sendo que cada *setup* leva 45, 30 e 20 minutos em cada fábrica, respectivamente.

### 2.2 Determinação da qualidade da água de purga

A qualidade da água de purga foi determinada através de análises em laboratório. Os parâmetros e limitantes para o reúso na caldeira foram baseados nos critérios para água de alimentação, especificados pela empresa terceirizada. Os parâmetros monitorados na água da purga da caldeira foram alcalinidade hidróxida, alcalinidade parcial, alcalinidade total, cloretos, condutividade, dureza, ferro, ortofosfato, oxigênio dissolvido, pH, sílica, sólidos dissolvidos, com metodologia de execução do *Standard Methods 22nd Edition* de 2012. As análises foram realizadas no laboratório de águas da Universidade Feevale.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

### ***Determinação dos parâmetros limitantes***

Os resultados das análises foram comparados com os especificados pela empresa para água de alimentação de caldeira. Os parâmetros com valores acima dos especificados foram considerados limitantes para o reúso.

### ***Determinação do Índice de Saturação de Langelier***

O Índice de Saturação de Langelier (LSI) foi determinado por meio de aplicações de equações conforme indicado por Cavazzana (2012). O LSI foi calculado para cada coleta realizada a fim de avaliar a variabilidade do índice.

O LSI é determinado pela diferença entre o pH medido da água e o pHe (pH de equilíbrio), conforme Equação 1.

$$LSI = pH - pHe \quad (1)$$

O pHe, por sua vez, foi determinado através da Equação 2. Ele é dependente dos coeficientes A, B, C e D, apresentados nas Equações 3, 4, 5 e 6, respectivamente.

(2)

$$pHe = (9,3 + A + B) - (C + D) \quad (3)$$

$$A = \frac{(\log [STD] - 1)}{10} \quad (4)$$

$$B = [-13,12 \times \log(T + 273)] + 34,55 \quad (5)$$

$$C = \log[Ca] - 0,4 \quad (6)$$

$$D = \log[Alcalinidade]$$

Nas quais:

STD = concentração de sólidos totais dissolvidos ( $\text{mg L}^{-1}$ )

T = temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

Ca = concentração de cálcio ( $\text{mg L}^{-1}$ )

### ***Determinação do Índice de Estabilidade de Ryznar***

O Índice de Estabilidade de Ryznar (RSI) foi determinado por meio de Equação 7, conforme indicado por Cavazzana (2012). O RSI também foi calculado para cada coleta realizada com intuito de avaliar a sua variabilidade.

(7)

$$RSI = 2 pHe - pH$$

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

## 2.3 Proposta de reúso

O reúso da água de purga foi proposto após a sua caracterização físico química. A demanda hídrica da indústria em estudo foi avaliada, por meio do balanço hídrico, com o intuito de buscar possíveis receptores do reúso da água de purga. Foram identificadas diferentes possibilidades de reúso: processo, sanitário e refeitório, lavador de gases, umidificação dos cavacos do biofiltro, alimentação da caldeira e disposição em solo agrícola.

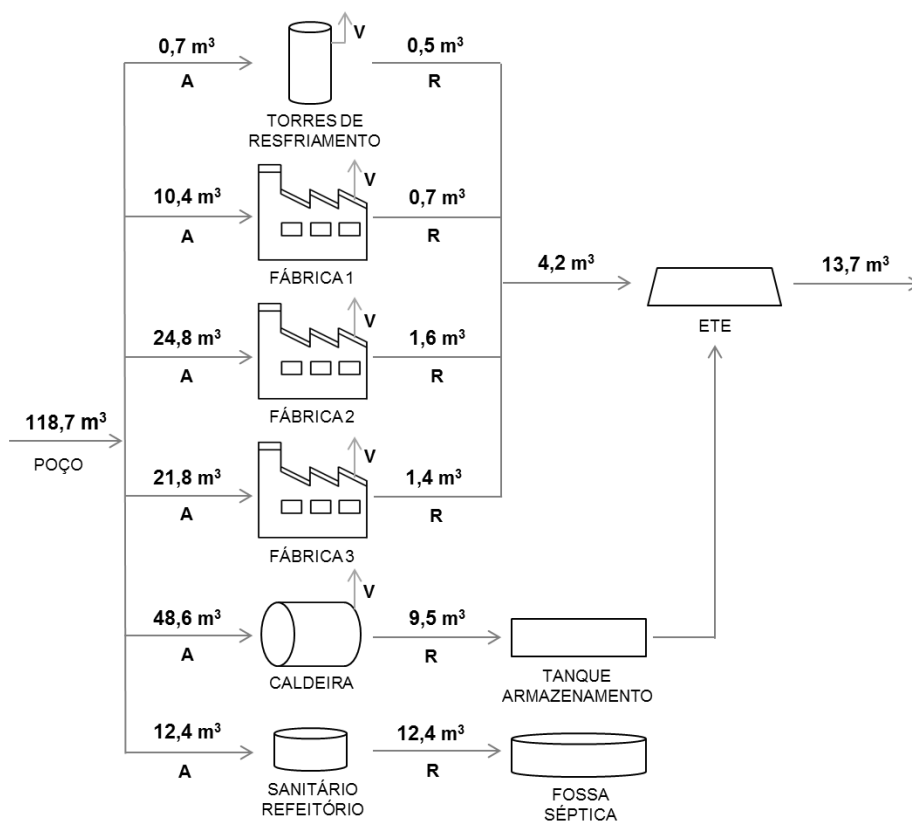
Todas as possibilidades de reúso foram estudas. Primeiramente avaliou-se a qualidade de água exigida em cada reúso, e nos casos em que a qualidade exigida é superior à da água de purga, buscou-se na literatura o tratamento adequado.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Balanço hídrico da indústria

A execução da metodologia resultou no balanço hídrico da indústria em estudo, apresentado na Figura 1. O fluxograma ilustra a demanda hídrica diária da indústria, incluindo as três fábricas, a caldeira, as torres de resfriamento, o biofiltro, os sanitários e o refeitório.

**Figura 1 - Balanço hídrico diário**



Legenda: A - alimentação V - vapor R - resíduo ETE - estação de tratamento de efluentes

Fonte: Autor (2018).

Realização

Correalização

Informações:

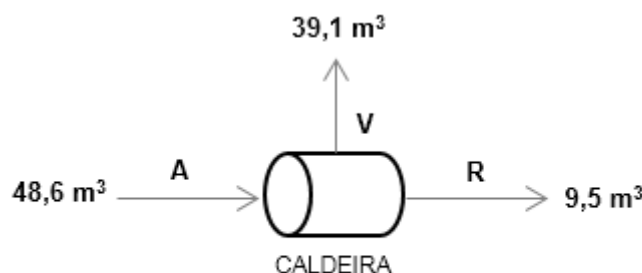
Nas torres de resfriamento e no biofiltro, cerca de 70% da água alimentada é descartada como efluente e o restante é perdido por evaporação.

Nas fábricas, parte da água é incorporada ao produto e o restante é perdido por evaporação e descartado como efluente. O volume de água em cada saída é diferente para as três fábricas, uma vez que é proporcional a capacidade de produção de cada uma delas.

Na caldeira, cerca de 80% da água de entrada é transformada em vapor, enquanto o restante sai como efluente através da purga.

Avaliando-se o balanço hídrico da indústria, verifica-se que a geração de vapor consome 41% da água captada, além de ser responsável pela geração de 69% dos efluentes. A Figura 2 apresenta o balanço hídrico da caldeira para melhor avaliação da demanda hídrica da geração de vapor.

**Figura 2 - Balanço hídrico da caldeira**



Legenda: A - alimentação V - vapor R - resíduo

Fonte: Autor (2018).

A geração de vapor retira 48,6 m³/dia do poço e descarta, através de purga automática, 9,5 m³/dia, representando 19,5% da água alimentada na caldeira.

Suzuki (1999) afirma que para caldeiras de baixa pressão alimentadas com água abrandada, o controle da descarga de purga pode ser realizado mantendo-se a concentração de sólidos, cloreto e sílica dentro dos limites de controle. A porcentagem ideal de purga pode ser determinada através da razão entre as concentrações destes na alimentação (A) pelos limites de especificação da caldeira (E), conforme Equação 8. O valor mais alto entre os encontrados é o mais apropriado para taxa de purga.

(8)

$$P (\%) = \frac{A}{E} \times 100$$

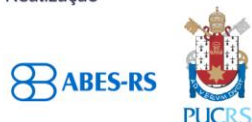
A Tabela 1 apresenta os valores de concentração de alimentação e de especificação utilizados para o cálculo da determinação da descarga de purga, bem como os resultados encontrados.

**Tabela 1- Dados e determinação % de purga ideal**

Parâmetro	Concentração alimentação (A)	Especificação (E)	Descarga de purga (P)
Sólidos dissolvidos	104 mg L <sup>-1</sup>	< 2500 mg L <sup>-1</sup>	4,2 %
Cloretos	8,92 mg L <sup>-1</sup>	< 500 mg L <sup>-1</sup>	1,8 %

Fonte: Autor (2018).

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

Aplicando-se a indicação de Suzuki (1999), pode-se evidenciar que a porcentagem de purga ideal, para a caldeira de baixa pressão com alimentação de água abrandada em estudo, é de 4,2 %. Desta forma, pode-se afirmar que a purga da caldeira está superestimada.

### 3.2 Determinação da qualidade da água de purga

A Tabela 2 apresenta a comparação entre a especificação de água de caldeira seguida pela empresa terceirizada e as especificações encontradas na literatura, segundo a Suzuki (1999), Trovati (2014) e Agência Nacional de Águas, ANA, (2009). Suzuki e Trovati apresentam especificações para caldeiras flamatubulares, enquanto a Agência Nacional de Águas apresenta especificação para caldeiras aquotubulares. Na Tabela 2 também são apresentados os resultados das análises dos parâmetros avaliados nas coletas realizadas em setembro e dezembro de 2017 e em janeiro de 2018.

**Tabela 2 - Resultados análise físico química água de purga**

Parâmetro	Set/17	Dez/17	Jan/18	SUZUKI (10-20 kgf/cm <sup>2</sup> )	TROVATI (10-20 kgf/cm <sup>2</sup> )	ANA (0,1-20 kgf/cm <sup>2</sup> )	Empresa (11 kgf/cm <sup>2</sup> )
Alcalinidade hidróxida (mg L <sup>-1</sup> )	8,6	41,5	58,7	-	100 – 300	-	200 – 400
Alcalinidade parcial (mg L <sup>-1</sup> )	517,9	490,0	358,0	< 500	-	-	200 – 400
Alcalinidade total (mg L <sup>-1</sup> )	526,5	531,5	416,7	< 600	< 600	≤ 350	< 700
Cloretos (mg L <sup>-1</sup> )	138,6	125,0	28,0	< 350	< 300	-	< 500
Condutividade (μS cm <sup>-1</sup> )	1882	2280	1680,1	< 3500	< 3000	1100 - 5400	< 3000
Dureza (mg L <sup>-1</sup> )	89,0	137,8	30,0	< 1,0	< 1,0	< 0,3	< 30
Ferro (mg L <sup>-1</sup> )	1,44	0,75	4,29	-	< 3	< 0,1	< 5
pH	11,6	11,6	10,7	11 – 11,8	10 – 11,5	8,3 - 10	10 – 11,5
Sílica (mg L <sup>-1</sup> )	-	204,0	217,5	-	< 120	≤ 150	< 200
Sólidos dissolvidos (mg L <sup>-1</sup> )	1125	1080	727	< 2300	< 2500	880 - 4320	< 2500

Fonte: Autor (2018).

Conforme Tabela 2, percebe-se uma variação na concentração dos parâmetros avaliados, de acordo com o mês da avaliação. A coleta do mês de janeiro foi realizada uma semana após a volta das férias coletivas, no qual sistema de geração de vapor ficou inoperante por 15 dias, e acredita-se que esse fator possa ser o responsável pela variação nos resultados de janeiro.

A Tabela 3 apresenta as médias climatológicas de temperatura máxima e mínima e de volume de chuva dos meses analisados, conforme o IRGA (Instituto Rio Grandense do Arroz, 2018).

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375





**Tabela 3 - Médias climatológicas**

Mês	T <sub>med</sub> mín (°C)	T <sub>med</sub> máx (°C)	Chuva (mm)
Set/17	15,5	24,9	162,0
Dez/17	18,6	29,3	127,6
Jan/18	19,6	28,8	117,3

Fonte: Autor (2018).

Analisando as temperaturas médias e a quantidade de chuva nos meses das avaliações não é possível identificar uma relação de influência entre as condições climatológicas e a variação nos resultados das análises.

Os índices de Saturação de Langelier e Estabilização de Ryznar da água de purga foram determinados e estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4 - Classificação índices LSI e RSI**

Período	LSI		RSI	
	Índice	Classificação	Índice	Classificação
Set/17	5	Incrustação severa	1,6	Incrustação severa
Dez/17	5,2	Incrustação severa	1,2	Incrustação severa
Jan/18	3,5	Incrustação moderada	3,7	Incrustação severa

Fonte: Autor (2018).

De acordo com determinação dos índices LSI e RSI, pode-se verificar que a água de purga é incrustante e possui características para causar incrustação severa, na grande maioria dos meses analisados. Segundo Cavazzana (2012) a tendência à incrustação do LSI ocorre pela alta concentração de carbonato de cálcio.

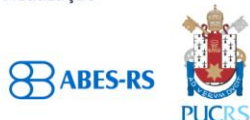
### 3.3 Reúso

Um das possibilidades de reúso proposta com este estudo é na umidificação dos cavacos do leito filtrante dos biofiltros, os quais não são umidificados atualmente, pois os poços artesianos não têm capacidade de atender a esta demanda. Os autores Chernicharo *et al.* (2011) afirmam que o meio suporte de um biofiltro, geralmente composto de material orgânico, deve ser umidificado de forma a facilitar a atividade microbiana do sistema.

Acredita-se que esse reúso possa ser aplicado de forma direta, uma vez que o objetivo é umidificar o meio filtrante do biofiltro e a composição da água não é relevante. Sugere-se, neste caso, a avaliação da demanda de água deste uso para que se possa confirmar a viabilidade do reúso e prever as adequações necessárias.

O reúso da água de purga como água de alimentação da caldeira exige regeneração da água de purga. É necessária a aplicação de um tratamento que possibilite a remoção dos parâmetros limitantes do reúso, alcalinidade parcial e dureza. O tratamento mais indicado para remoção dos limitantes deste reúso é o processo de troca iônica com resina catiônica. No entanto, é necessária uma avaliação do impacto que o reúso da água de purga causaria nos abrandadores existentes, como o aumento da regeneração e a geração de resíduo. Esta avaliação possibilita verificar se há necessidade de ampliação do sistema de abrandamento ou se o sistema existente atende a esta nova demanda.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

#### 4. CONCLUSÃO

Com o presente estudo foi possível concluir a importância de um estudo na caldeira de um sistema de geração de vapor para minimizar a quantidade de água residual gerada pela purga. Outra conclusão importante foi a possibilidade de reúso da água de purga, com e sem tratamento.

#### REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas; et al. **Água na Indústria: uso e coeficientes técnicos**. 37f. Brasília, DF, 2017.

AQUINO, Vicente de. Reúso, solução para escassez x legislação e regulamentação deficitária. **Revista TAE**, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

BRASIL. **Ministério do Trabalho**. Portaria nº 1.084, de 28 de setembro de 2017. NR-13 Caldeiras, vasos de pressão e tubulações.

CAVAZZANA, Guilherme Henrique; et al. Análise de agressividade e incrustação das águas subterrâneas na região urbana de Campo Grande – MS. **Associação Brasileira de Águas Subterrâneas**, v. 26(1): p. 83-97, 2012.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; et al. Contribuição para o projeto de biofiltros aplicados ao tratamento de emissões odorantes provenientes de reatores anaeróbios. **RevistaDAE**, p. 56-62, 2011.

HURWITZ, Gil; et al. Targeted Removal of Dissolved Organic Matter in Boiler-Blowdown Wastewater: Integrated Membrane Filtration for Produced Water Reuse. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 54, p. 9431–9439, 2015.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DE ARROZ. **Médias Climatológicas**. Disponível em <<http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/766/medias-climatologicas>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta; ROCHA, Carlos R.; NOGUEIRA, Fábio José H. **Eficiência energética no uso de vapor**. Eletrobrás - Centrais Elétricas Brasileiras. PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Rio de Janeiro, 2005.

SANTOS, Luam de Oliveira. **Alimentação de caldeiras industriais por água de chuva: uma análise da viabilidade técnica e econômica**. 155f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

SANTOS, Luam de Oliveira; RIBEIRO, Williane Farias; BARBOSA, Silvanito Alves. Análise da qualidade da água da chuva para uso em caldeiras industriais. **Interfaces Científicas**, v.5, n.1, p.163-172, 2016.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

SANTOS, Marcos; et al. Análise da viabilidade econômica de um sistema de captação de água da chuva: estudo de caso de uma indústria de refrigerantes. **Revista Produção Industrial & Serviços**, v.03, n. 01: p. 50-63, 2016.

SAREV, Allan Sven. **Máquinas Térmicas I: Características e Tratamento da Água para geradores de vapor**. UNIJUI - Universidade Regional, Campus Panambi, Panambi, 1998.

SENGER, Renan. **Análise do rendimento térmico de uma caldeira alimentada com lenha em toras**. 63f. Monografia (Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2015.

SILVA, José Otavio Mariano. **Tratamento químico de água de caldeiras**. 74p., 2008. Disponível em <[https://www.crq4.org.br/sms/files/file/mini\\_caldeiras\\_2008.pdf](https://www.crq4.org.br/sms/files/file/mini_caldeiras_2008.pdf)>.

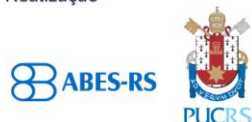
SUZUKI, Takashi; et al. **Kurita handbook of water treatment**. 2nd. ed. Tokyo, JP: Kurita Water Industries, 1999. 501 p.

TROVATI, Joubert. **Tratamento de água para geração de vapor: caldeiras**. 80 p., 2014. Disponível em: <[http://www.snatural.com.br/PDF\\_arquivos/Torre-Caldeira-Tratamento-Agua-Caldeira.pdf](http://www.snatural.com.br/PDF_arquivos/Torre-Caldeira-Tratamento-Agua-Caldeira.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2018.

XU, Ying; et al. A new strategy for reusing the oilfield-produced water as boiler feedwater without desilication. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v.68, p.169-172, 2016.

ZARPELON, Willian; AZZOLINI José Carlos. Caldeiras de alta pressão: caracterização e avaliação da qualidade do tratamento das águas de abastecimento. **Unoesc & Ciência - ACET Joaçaba**, v. 6, n. 2, p. 141-154, 2015.

Realização



Correalização



Informações:

[qualidadeambiental.org.br](http://qualidadeambiental.org.br)  
[abes-rs@abes-rs.org.br](mailto:abes-rs@abes-rs.org.br)  
(51) 3212.1375