



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

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



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM TORRE DE RESFRIAMENTO

**Paula Gonçalves Santos** – [paula.goncalves@feevale.br](mailto:paula.goncalves@feevale.br)

Universidade Feevale - Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental  
ERS 239, 2755 – 93.525-075– Novo Hamburgo – RS

**Ana Cláudia Bihre Thomé** – [ana.grazziontin@hotmail.com](mailto:ana.grazziontin@hotmail.com)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais.

**Adriano Giraldi Fisch** – [adrianofisch@feevale.br](mailto:adrianofisch@feevale.br)

Universidade Feevale - Departamento de Engenharia Química

**Resumo:** A água é um recurso natural de grande valor econômico e sua eminente escassez tem conduzido o setor industrial a buscar alternativas para reduzir o consumo e investir em práticas para sua reutilização. Torres de resfriamento são equipamentos comuns em plantas industriais químicas e petroquímicas com necessidade elevada de reposição de água para seu funcionamento. Com objetivo de reduzir o consumo de água nas torres de resfriamento, o presente estudo avalia a utilização de água pluvial como parte da água de reposição de uma torre de resfriamento, instalada em uma empresa petroquímica, localizada no Polo Petroquímico do Sul. Os resultados analíticos mostram que a utilização de água pluvial é factível, não acarretando em necessidade de tratamento químico extra a água de recirculação e não alterando as taxas de corrosão do sistema. É também evidenciado uma economia energética para o caso estudado.

**Palavras-chave:** Reaproveitamento, Torres de resfriamento, Água pluvial

Realização



Correalização



Informações:

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

## EVALUATION OF THE USE OF RAINWATER IN A COOLING TOWER

**Abstract:** Water is a natural resource of great economic value and its eminent scarcity has led the industrial sector to seek alternatives to reduce consumption and to invest in practices for water reuse. Cooling towers are common equipment in chemical and petrochemical industrial plants presenting a high demand of water for make up. In order to reduce the consumption of water in cooling towers, the present work, the technical feasibility of using rainwater complementarily to treated water for the make up of a cooling tower was evaluated. The analytical results evidence the use of rainwater instead of treated water is possible without any increase in the chemical treatment of the recirculating water and not changing the corrosion rates of the system. In this study, an energy reduction was identified.

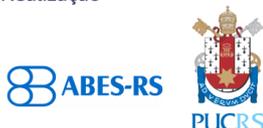
**Key words:** Reuse, Cooling towers, Rainwater

### 1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a disponibilidade mundial da água vem exigindo uma nova consciência em relação à utilização deste recurso. Estudos apontam que 97 % da disponibilidade mundial de água está nos oceanos. Sendo salina, a água dos oceanos é imprópria para o consumo humano, a não ser que passe por um processo de dessalinização, o que requer um investimento alto. Apenas 3 % da água disponível é doce, própria para consumo. Desse montante, 77 % aparecem sob a forma de gelo, nas regiões polares. Outros 22 % são água subterrânea e 1 % está em rios e lagos (REIS et al., 2012). Os problemas com a escassez da água, trazem à tona a discussão de medidas que utilizem o conceito do desenvolvimento sustentável aliado à otimização do consumo de recursos naturais como melhor prática a ser adotada. Um ponto forte a ser evidenciado é a grande demanda de recursos hídricos utilizados pelo setor industrial, fazendo-se necessário o desenvolvimento de projetos visando à redução do consumo de água e a sua reutilização. A prática do reuso em sistemas industriais proporciona benefícios ambientais significativos, pois permite que um volume maior de água permaneça disponível para fins mais nobres (DURANTE, 2014).

É possível destacar, o setor petroquímico como um grande consumidor de água no mundo. Nas mais variadas plantas petroquímicas, a água é utilizada nas unidades de processo, sistemas de geração de vapor, torres de resfriamento, em reservatório de combate a incêndio e também fins potáveis (HANSEN, 2016). Torres de resfriamento são equipamentos para transferência de calor de correntes de água vindas do processo industrial para o ar atmosférico, com conseqüente resfriamento da água e seu retorno para o processo em um circuito fechado (MELLO, 2008). É bastante utilizada em indústrias químicas e petroquímicas, devido à necessidade de resfriamento de elevadas vazões de água. As perdas de água na torre ocorrem por evaporação, purga e respingo e, devido ao processo ocorrer em circuito fechado, necessita de reposição de água equivalente para manter o volume necessário no sistema de resfriamento. De forma típica, a água de reposição advém da captação direta nos mananciais com posterior tratamento para uso ou através da compra deste insumo diretamente de empresas distribuidoras de água.

Realização



Correalização



Informações:

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

Com objetivo de reduzir o consumo de água nas torres de resfriamento, é possível empregar água pluvial captada na própria planta como uma alternativa sustentável a água de reposição. Considerando essa possibilidade, o presente trabalho analisa a viabilidade técnica para utilização de água pluvial coletada na área industrial, como parte da água de reposição de uma torre de resfriamento, instalada em uma empresa petroquímica, localizada no Polo Petroquímico do Sul, no município de Triunfo. A água de reposição da torre de resfriamento estudada é composta de 65 % de água de condensado de vapor e 35 % de água clarificada, que é comprada da distribuidora de águas do polo petroquímico. O teste piloto contempla a redução da parcela de água clarificada para 30 % ao invés dos 35 %, substituindo, então, aproximadamente 15 % do volume atual de água clarificada por água pluvial.

## 2. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido em etapas: caracterização da água pluvial, caracterização da água clarificada, instalação do sistema de reaproveitamento da água da chuva, avaliação da água de recirculação do sistema de resfriamento e taxas de corrosão.

### 2.1 Caracterização da água pluvial, água clarificada e água de recirculação do sistema de resfriamento

As caracterizações das águas envolvidas neste processo foram realizadas conforme a Tabela 1, segundo os métodos descritos no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (1996). Em 2015, foram estudadas separadamente as correntes de água pluvial, água clarificada e água de recirculação sem adição da água da chuva. Em 2016, avaliamos a água de recirculação com adição da água pluvial como água de reposição do sistema de resfriamento.

Tabela 1 – Parâmetros para caracterização da água pluvial, clarificada e de recirculação.

Parâmetro	Pluvial	Clarificada	Recirculação
pH	×	×	×
Alcalinidade Total	×	×	×
Dureza Total	×	×	×
Dureza Cálcio	×	×	×
Dureza Magnésio	×	×	×
Cloretos	×	×	×
Condutividade	×	×	×
Sulfato	×	×	×
Sílica Solúvel	×	×	×
Alumínio Total	×	×	×
Matéria-orgânica	×	×	×
Ferro Total	×	×	×
Contagem de Bactérias Totais	×	×	×
Turbidez	×	×	×
Sólidos Suspensos	-	×	×

Fonte: Próprio autor.

Realização



Correalização



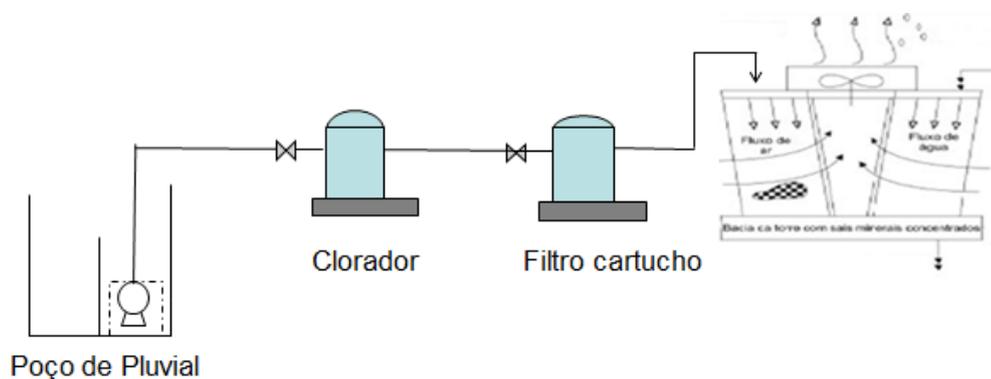
Informações:

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

## 2.2 Instalação do sistema de utilização da água pluvial em torre de resfriamento

Nos primeiros dois meses de 2016, o sistema de reaproveitamento de água da chuva foi instalado em uma indústria do Polo Petroquímico do Sul. A água pluvial passou a ser armazenada em um poço de acúmulo e transferida através de uma bomba submersa até a torre de resfriamento. Como pré-tratamento, antes de abastecer a torre de resfriamento, a água da chuva passa por um clorador e por um filtro cartucho de 15 µm, para redução e remoção da matéria-orgânica. A Figura 1 traz um esquema que ilustra a captação da água da chuva até o abastecimento da torre de resfriamento como água de reposição.

Figura 1 – Processo de utilização de água da chuva em torre de resfriamento.



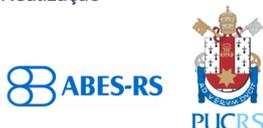
## 2.3 Avaliação das taxas de corrosão

A corrosão pode ser explicada como a deterioração do material metálico que se inicia na sua superfície por ação química ou eletroquímica de um meio oxidante. Em um sistema de resfriamento este processo deve ser totalmente inibido, pois causa danos irreversíveis aos equipamentos que possuem contato com a água de resfriamento. Desta forma, para qualquer alteração de processo, como a adição de uma nova corrente de reposição, a taxa de corrosão deve ser avaliada. Muitos métodos são utilizados para avaliar a corrosão e neste trabalho utilizamos a metodologia ASTM 2688. Destes, os mais conhecidos e provavelmente os mais aceitos pela indústria são os ensaios de exposição à névoa salina e por imersão. A taxa de corrosão avaliada neste estudo foi obtida da perda de espessura de um cupom de metal imerso na água de resfriamento por unidade de tempo, apresentada em milésimo de polegada por ano (mpy).

## 3. RESULTADOS

A utilização da água pluvial coletada na área industrial como parte da água de reposição de uma torre de resfriamento depende das características físico-químicas da água coletada e estocada. De forma pragmática, a comparação direta dos resultados analíticos entre água pluvial e a água de reposição atualmente utilizada (água clarificada) é uma forma direta de avaliação da possibilidade de uso da água pluvial coletada.

Realização



Correalização



Informações:

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

### 3.1 Caracterização da água pluvial

Foram coletadas 60 amostras de água pluvial, no ponto de captação de água da chuva (ver Figura 1). Os resultados analíticos dos parâmetros avaliados estão mostrados na Tabela 2. As análises foram feitas com periodicidade semanal, durante o ano de 2015, visando abranger todas as estações do ano.

Tabela 2 – Planilha com resultados das análises da água pluvial.

Parâmetro	Média	Desvio padrão	Unidade
pH	7,3	0,3	-
Alcalinidade Total	38	12	ppm
Dureza Total	42	10	ppm
Dureza Cálcio	26	6	ppm
Dureza Magnésio	16	6	ppm
Cloretos	20	5	ppm
Condutividade	117	20	µS/cm
Sulfato	10	6	ppm
Sílica Solúvel	13,5	7,2	ppm
Alumínio Total	0,02	0,02	ppm
Matéria-orgânica	9,4	1,5	ppm
Ferro Total	0,9	0,5	ppm
Contagem bacteriológica total	4000	4365	UFC/mL
Turbidez	11,8	12,7	NTU

Fonte: Próprio autor.

### 3.2 Caracterização da água clarificada

Foram coletadas e analisadas 60 amostras de água clarificada, utilizada na reposição da torre de resfriamento de uma das plantas petroquímicas do complexo. As análises foram feitas com periodicidade semanal, durante o ano de 2015, visando abranger todas as estações do ano. Conforme a Tabela 3, as características físico-químicas e microbiológicas da água clarificada e da água da chuva analisada no mesmo período não diferem significativamente. Esse resultado indica que a utilização da água pluvial é possível.

Realização



Correalização



Informações:

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

Tabela 3 – Comparação da água da clarificada com água pluvial.

Parâmetro	Água		Unidade
	Clarificada	Água Pluvial	
pH	7,1	7,3	-
Alcalinidade Total	36	38	ppm
Dureza Total	55	42	ppm
Dureza Cálcio	36	26	ppm
Dureza magnésio	19	16	ppm
Cloretos	21	20	ppm
Condutividade	174	117	µS/cm
Sulfato	26	10	ppm
Sílica Solúvel	23	13,5	ppm
Alumínio Total	0,1	0,02	ppm
Matéria-orgânica	6,2	9,4	ppm
Ferro Total	0,2	0,9	ppm
Contagem bacteriológica total	-	4000	UFC/mL
Turbidez	-	11,8	NTU

Fonte: Próprio autor.

Importante ressaltar que a água clarificada utilizada na reposição da torre é produzida por tratamento convencional (gradeamento, coagulação/floculação, decantação, cloração) de água de rio. Os gastos energéticos associados apenas com esse tratamento equivalem a 0,65 KW/m<sup>3</sup>. Esse mesmo gasto para o caso de água pluvial é estimado em 0,15 Kw/m<sup>3</sup>. Dessa forma, uma redução no gasto energético de aproximadamente 77 % é obtida.

### 3.3 Avaliação da água de recirculação do sistema de resfriamento

Em 2015, foram analisadas 99 amostras da água de recirculação da torre de resfriamento sem adição de água da chuva como parte da reposição. Comparativamente, em 2016, foram analisadas 99 amostras da água de recirculação da torre de resfriamento utilizando uma água de reposição composta por 65 % de água de condensado de vapor, 30 % de água clarificada e 5 % de água da chuva coletada.

Na Tabela 4 é apresentado um comparativo da água de recirculação da torre de resfriamento nas duas situações, isto é, sem (em 2015) e com (em 2016) água da chuva como parte da água de reposição. Para comparação, o limite máximo dos respectivos índices analisados é também indicado na Tabela 4. Conforme os resultados, a utilização da água pluvial na composição da água de reposição não descaracterizou significativamente a água de reposição a ponto de afetar a qualidade água de recirculação além dos limites máximos das respectivas análises. Inclusive, os resultados das análises permitem manter, do ponto de vista quali- e quantitativo, o tratamento químico dispensado a torre de resfriamento. Frente a esses dados, o uso da água pluvial é uma alternativa a água clarificada. As diferenças encontradas entre as diferentes análises podem ser atribuídas às divergências no ciclo de concentração da torre ocorridos entre os anos de 2015 e 2016.

O consumo anual (compra) de água clarificada na empresa foi reduzido em 24000 m<sup>3</sup> no ano de 2016, em comparação a 2015, com o emprego da água pluvial como parte da água

Realização



Correalização



Informações:

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



de reposição da torre. A partir dessa economia o retorno do investimento no sistema de captação e tratamento (cloração e filtração) ocorreu em 24 meses.

Tabela 4 – Comparação da água da clarificada com água pluvial.

Parâmetro	AR sem água da chuva	AR com água da chuva	Limite máximo	Unidade
pH	7,9	8,0	8,0	-
Alcalinidade Total	85	97	100	ppm
Dureza Total	255	265	350	ppm
Dureza Cálcio	185	170	250	ppm
Dureza magnésio	70	95	100	ppm
Cloretos	435	495	1000	ppm
Condutividade	1692	2168	3000	µS/cm
Sulfato	90	95	800	ppm
Sílica Solúvel	110	105	200	ppm
Alumínio Total	0,11	0,16	0,20	ppm
Matéria-orgânica	9,7	9,0	25	ppm
Ferro Total	0,5	0,6	1	ppm
CBT	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	UFC/mL
Turbidez	25	25	25	NTU
Sólidos Suspensos	23	23	25	-

Fonte: Próprio autor.

### 3.4 Avaliação da taxa de corrosão do sistema de resfriamento

As taxas de corrosão encontradas nos períodos de 2015 e 2016 estão na Tabela 5. No caso de cobre, não se observou mudança na taxa devido ao emprego da água da chuva, mantendo-se em 0,2 mpy. Já no caso do aço carbono, a taxa de corrosão aumentou, mas ficou dentro do limite máximo especificado. Esse aumento não pode ser explicitamente relacionado a nenhum parâmetro analítico descrito na Tabela 4. Outros estudos devem ser realizados para avaliar esta diferença. Por outro lado, não houve qualquer relato de problemas relacionados à corrosão em equipamentos do processo que utilizam água da torre de resfriamento, mesmo após uma inspeção de manutenção (com abertura de equipamentos) realizada em 2017.

Tabela 5 – Resultados das taxas corrosão (mpy).

Ano	Cobre		Aço carbono	
	Taxa de corrosão	Limite	Taxa de corrosão	Limite
2015	0,2	0,2	0,2	0,5
2016	0,2	0,2	0,4	0,5

Fonte: Próprio autor.

Realização



Correalização



Informações:

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

#### 4. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** Washington, 1996.

ASTM INTERNACIONAL. **D2688-11: Standard Test Method for Corrosivity of Water in the Absence of Heat Transfer - Weight Loss Method.**

DURANTE, L.V. et al. Reuso de Efluentes em Torre de Resfriamento. Universidade Estadual de Maringá. **IN: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2014.**

HANSEN, Everton. **Balanco Hídrico, Caracterização e Reuso de Água do Setor Petroquímico.** Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2016.

MELLO, Lilian Cardoso de. **Influência de variáveis de Processo no Desempenho de Torre de Resfriamento.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2008.

REIS, L. B. dos.; FADIGAS, E. A. F. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável.** Barueri: Manole, 2012. 440 p.

Realização



Correalização



Informações:

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