



INTER
FACES
CIENTÍFICAS

SAÚDE E AMBIENTE

ISSN IMPRESSO 2316-3313

E - ISSN 2316-3798

DOI - 10.17564/2316-3798.2016v5n1p163-172

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA PARA USO EM CALDEIRAS INDUSTRIAIS

ANALYSIS OF RAIN WATER QUALITY FOR USE IN INDUSTRIAL BOILER

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LLUVIA PARA USO EN LA CALDERA INDUSTRIAL

Luam de Oliveira Santos¹
Silvanito Alves Barbosa³

Williame Farias Ribeiro²

RESUMO

A água pode ser considerada como um fator de limitação para o desenvolvimento industrial. No Brasil, por exemplo, teve-se a cultura do país no mundo com mais disponibilidade de água doce e por isso não aprendemos como gerir nossa água adequadamente. Esse mau gerenciamento pode comprometer a sua qualidade, gastando-se ainda mais com tratamentos, como floculação, abrandamento, desmineralização e filtragem ativa. A água da chuva pode ser considerada como uma ótima fonte alternativa, uma vez que sua captação e armazenamento proporciona água de boa qualidade para a indústria e ainda previne cheias. Um dos equipamentos que mais consomem água na indústria são as

caldeiras, além disso, a qualidade da água para caldeira exige cuidados bastantes especiais que fazem com que a água da chuva seja uma boa solução. Os parâmetros que foram avaliados para a qualidade da água nesse trabalho foram: pH, dureza, dureza de cálcio e magnésio, alcalinidade, condutividade, sólidos totais dissolvidos e cloretos. Foram utilizados os métodos potenciométricos, volumetria de neutralização, titulação por complexação, e instrumentais. Os resultados obtidos de forma geral, mostram nas águas pluviais uma fonte alternativa de alta qualidade e que reduz os custos com tratamentos para água industrial. Mostram também que a água captada pelo método direto apre-

senta maior pureza que a captada pelo método indireto e no geral ambas têm parâmetros abaixo do limite recomendado para uso em caldeiras. Este estudo visa contribuir com a redução do consumo de águas fluviais, que são de alto potencial potável, e aumentar o uso de água pluvial que tem ótima qualidade para indústria e baixo potencial para consumo humano.

ABSTRACT

The water can be considered as a limiting factor for the industrial development. In Brazil, for example, there was the culture of the country in the world with more availability of fresh water and so do not learn how to manage our water properly. This mismanagement can compromise their quality, spending even more with treatments such as flocculation, softening, demineralization and active filtering. Rainwater can be considered as a great alternative source, one comes to his capture and storage provides good quality water for industry and also prevents flooding. One of the devices that consume more water boilers in industry are, in addition, the quality of the water to the boiler requires special care enough to make the rain water is a good solution. The parameters that were evaluated for water quality in this work were: pH, hardness, calcium and magnesium hardness, alkalinity, conductivity, total dissolved solids and chlorides. The potentiometric meth-

RESUMEN

Un pode ser considerada como um Fator Água de limitação para o Desenvolvimento industrial. No Brasil, por exemplo, teve-se uma cultura hacerlo País no mundo com mais disponibilidade de Água Doce e por isso não Aprendemos Como gerir nossa água adequadamente. Esse mau Gerenciamento pode comprometer a sua qualidade, gastando-se ainda mais com Tratamentos, Como floculação, abrandamento, desmineralização e

PALAVRAS-CHAVE

Água. Análise. Chuva.

ods, volumes of neutralization titration by complexation, and instruments were used. The results generally show rainwater in an alternative source of high quality and that reduces treatment costs for industrial water. They also show that the water collected by the direct method has a higher purity that captured the indirect method and in general both have parameters below the limit recommended for use in boilers. This study aims to contribute to reducing the consumption of river water, which are high-potential drinking, and increase the use of rainwater that has great quality for industry and low potential for human consumption.

KEYWORDS

Water. Analysis. Rain.

filtragem ativa. A água da chuva pode ser considerada Como uma ótima fonte alternativa, uma VEM Que sua captação e Armazenamento proporciona Agua de boa qualidade para a Indústria e ainda cheias previne. Um dos equipamentos Que mais consomem água na são indústria como caldeiras, disso Alem, un qualidade da Agua Para Caldeira Exige Cuidados bastantes Especiais Que fazem com Que un água da chuva seja uma

boa Solução. Os Parâmetros Que foram avaliados para a qualidade da água Nesse trabalho foram: pH, dureza, dureza de calcio e magnésio, alcalinidade, condutividade, Sólidos totais dissolvidos e cloretos. Foram utilizados os Métodos potenciométricos, volumetria de neutralização, complexação por titulação, e instrumentais. Os Resultados obtidos de forma geral, mostram nas águas pluviais uma fonte alternativa de alta qualidade e Que reduz os custos com Tratamentos para agua industrial. Mostram também Que un água captada pelo method direto apresenta maior pureza Que un captada pelo method indireto e no geral Am-

bas têm Parâmetros abaixo hacer limite Recomendable PARA USO em Caldeiras. Visa Este estudo contribuir com un Redução hacer Consumo de Aguas fluviais, Que são de alto potencial potável, e Aumentar o la USO de água pluvial que tem ótima qualidade párrafo Indústria e baixo potencial párrafo Consumo humano.

PALABRAS CLAVE

Agua. Análisis. Lluvia.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, onde o meio ambiente, a água e a energia são temas com ampla abrangência nos meios acadêmicos e econômicos, existem grandes preocupações da sociedade em relação à conservação dos recursos da natureza, em especial ao uso racional e aproveitamento da água, recurso indispensável à vida. No entanto, a escassez de água é um dos maiores problemas do mundo moderno, logo vivenciado por grandes centros industriais, a exemplo da cidade de São Paulo. Em função do acelerado crescimento urbano populacional desses polos geradores, cresce a necessidade da utilização de técnicas sustentáveis visando suprir a escassez de água e/ou melhor aproveitá-la.

Nesse contexto, fontes alternativas são apresentadas como solução para o aproveitamento da água para uso não-potável, em destaque a captação e o aproveitamento de água da chuva (precipitação atmosférica), indicada como fonte renovável de energia para alimentar caldeiras industriais. Para isso, se faz necessário realizar estudo de viabilidade técnica e econômica para averiguar métodos de captação e avaliação da qualidade da água para esse fim.

As caldeiras industriais são equipamentos que utilizam a água para a geração de vapor e, desta forma, pressupõe-se que a utilização da água da chuva, como fonte de alimentação, iria reduzir bastante a utilização das águas fluviais, deixando-as mais disponíveis para o consumo humano. No sentido de que seja possível a redução do uso de águas fluviais pelas indústrias, pretende-se com este estudo testar as seguintes hipóteses:

- A água da chuva é adequada para o uso direto em caldeiras industriais.
- Não sendo adequada para uso direto em caldeiras, tratamentos corretivos podem ser empregados para torná-la adequada.

A interdisciplinaridade desse estudo encontra-se nas áreas de gestão ambiental (gestão de recursos hídricos, com a conseqüente redução do uso de águas fluviais), física (análises das propriedades físicas da água), química (análises das propriedades químicas da água), mecânica (funcionamento de equipamentos

industriais, como caldeiras), social (as águas pluviais captadas e armazenadas podem evitar cheias quando utilizadas em larga escala).

1.1 ESTADO DA ARTE

Os problemas enfrentados na gestão de recursos hídricos tanto podem ser de natureza quantitativa como qualitativa, e, além disso, podem envolver a degradação gradual dos recursos hídricos com a consequente destruição de habitats aquáticos e da biodiversidade (ALVES et al., 2009). Para Gonçalves (2006), a busca por novas fontes de abastecimento de água torna-se urgente em todo o planeta, devido à crescente ocupação territorial e o vertiginoso crescimento populacional de centros urbanos.

Toda a água do planeta está em constante movimento e pode ser encontrada no estado sólido, líquido e gasoso, a partir de seu ciclo hidrológico. Segundo Nobre (2012) a insuficiência de água ocorre sempre que a quantidade de água disponível é insuficiente para atender o consumo e manter as condições ambientais propícias ao desenvolvimento sustentável. Como sabemos, a água na natureza tem origem nos oceanos, lagos, rios, e os ciclos são mantidos pela evaporação e a precipitação na forma de chuva, que uma vez captada e armazenada, pode, ainda, prevenir cheias, contribuindo assim, para o tripé da sustentabilidade, abrangendo a sustentabilidade ecológica, econômica e social (FENDRICH, 2002). Mesmo a água da chuva, que é uma água destilada, consequente da evaporação, possui gases dissolvidos, já que na atmosfera temos os mais diversos tipos de gases em diferentes concentrações. A água para uso industrial, quer seja para produção de alimentos, bebidas, plástico, medicamentos, papel e celulose, requer tratamentos para preservação dos equipamentos onde a água irá circular ou irá ser transformada em vapor.

Segundo Buckman (1997), a água ideal para ser utilizada em caldeiras deve apresentar as seguintes características: quantidade mínima de sais e óxidos

dissolvidos, bem como ausência de oxigênio e outros gases dissolvidos, materiais em suspensão e orgânicos, temperatura elevada e pH adequado (faixa alcalina). Portanto, para esse fim, faz-se necessário o ajuste e a avaliação de alguns parâmetros de qualidade para atender as características requeridas em função dos diferentes setores industriais: pH, dureza, alcalinidade, óxidos metálicos, substâncias inorgânicas, materiais em suspensão e condutividade.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade do uso de água da chuva para alimentação de caldeiras industriais, através da análise da sua qualidade.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar os métodos de captação e selecionar o mais adequado para o uso em caldeiras;
- Analisar a qualidade da água da chuva coletada nos diferentes métodos;
- Verificar a viabilidade do uso da água de precipitação atmosférica em caldeiras industriais.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 COLETA DE ÁGUA DA CHUVA

Normalmente a coleta da precipitação atmosférica para análise química é feita através de um pluviômetro que é um equipamento coletor que consiste basicamente de um funil acoplado a garrafas de polipropileno ou de vidro (GALLOWAY; et al, 1978). No funil é acoplado um filtro de acetato de celulose com granulação de 0,45 micra para a retenção de sólidos.

No procedimento padrão, o coletor é acoplado a um posto de no mínimo 2m acima do solo para evitar a contaminação por poeira. A água escoar por dentro do funil e atravessa um tubo, depositando-se na primeira garrafa. Se a garrafa encher, o tubo escoar o conteúdo para a segunda garrafa. Este procedimento permite a concentração original de íons de da precipitação. É aconselhável que os coletores sejam instalados em pontos estratégicos e que as amostras sejam coletadas após um período contínuo de precipitação (PARRON, 2011).

Apesar de esse ser o procedimento adotado para a coleta de água na maioria dos casos de análise. Nesse caso será utilizado para a coleta um funil e um coletor de amostras de polietileno e a coleta será efetuada ao nível do solo para que seja simulada uma situação real da captação da água na indústria, onde partir-se-á da hipótese que não será efetuada uma filtração durante a captação da água e sim posterior a sua coleta.

Além disso, como dito anteriormente serão coletadas as águas pelo método direto, aquele que vem direto da chuva para o recipiente sem interferências, e indireto, aquele coletado através de calhas, telhados que passa por um conduto e então é armazenada, para que possa ser comparada as suas qualidades.

As amostras de água da chuva coletadas para este trabalho foram todas na cidade de Aracaju, no bairro Luzia, durante o período de abril a agosto de 2015, sendo coletada uma amostra do método direto e uma amostra do método indireto em cada mês, totalizando cinco amostras de cada método.

3.2 MÉTODOS PARA ANÁLISE DA ÁGUA COLETADA

Segundo o Buckman (1997), a água ideal para utilizar em caldeiras deve ter as seguintes características: Menor quantidade possível de sais e óxidos dissolvidos; Ausência de oxigênio e outros gases dissolvidos; isenta de materiais em suspensão; Ausência de materiais orgânicos; Temperatura elevada; pH adequado (faixa alcalina).

Para garantir que essas propriedades sejam garantidas, é necessário que se faça uma análise da água que será levada ao tratamento para que seja então selecionado os tratamentos necessários para a água de alimentação do gerador de vapor.

Segundo O Manual de Segurança para Operadores de Caldeira do SENAI/SP, os indicadores que irão determinar as condições de utilização de uma determinada água na caldeira são listados abaixo e foram baseadas em (PARRON, 2011) no manual da EMBRAPA para procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. São elas: pH; Alcalinidade; Condutividade; Sólidos Totais Dissolvidos; Dureza Total e Cloretos.

Análise de pH.

O método potenciométrico será utilizado para a determinação do pH por ser o método mais preciso em sua determinação. Será utilizado um equipamento chamado de peagâmetro, que consiste basicamente em um eletrodo de referência, um eletrodo indicador e um dispositivo de medida potencial.

Alcalinidade.

A alcalinidade total será avaliada através do método de volumetria de neutralização que se baseia na reação entre um ácido e uma base, que formam um sal correspondente e água. Titula-se a amostra com ácido clorídrico, obtendo-se a concentração total de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos dissolvidos.

Condutividade.

Para a medida da condutividade elétrica será utilizado um equipamento denominado de condutivímetro, que se baseia na intensidade da corrente elétrica que circula entre os eletrodos. Partindo do princípio que a água pura é uma péssima condutora de eletricidade, quanto menor a condutividade elétrica, menor será a quantidade de íons dissolvidos e im-

purezas na água e dessa forma pode ser analisado a quantidade de sólidos totais dissolvidos.

Sólidos Totais Dissolvidos.

Será avaliado a partir da condutividade elétrica.

Dureza Total.

A dureza total consiste na soma de concentrações de cálcio (Ca) e magnésio (Mg). é devida a bicarbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos.

A análise será por meio do processo de titulação por complexação, utilizando uma solução padronizada de EDTA.

Cloretos.

Será avaliado segundo o método de Mohr para determinação de cloretos, o haleto é titulado com uma solução padrão de nitrato de prata, usando o cromato de potássio como indicador. No ponto final, quando a precipitação do cloreto estiver completa, o primeiro excesso de íons de Ag⁺ irá reagir e formar a precipitação do cromato de prata na cor amarelo avermelhado.

3.3 COMPARAÇÕES DOS DADOS

Os dados obtidos nas análises serão comparados com os dados aconselhados pela ASME como limites de utilização em caldeiras e por alguns fabricantes.

Tabela 1 - Especificações da American Boiler and Affiliated Industries Manufactures Association's).

Parâmetros	Unidade	Limites
Condutibilidade	μohms	< 3500
Acidez	ph	10,5 - 11,5
Dureza Total	ppm (CaCO ₃)	< 15
Alcalinidade Total	ppm (CaCO ₃)	< 450
Alcalinidade OH	ppm (CaCO ₃)	150 - 250
Cloretos	ppm (Cl)	< 300
Fosfatos	ppm (PO ₄)	10 - 40
Sulfitos	ppm (SO ₃)	10 - 30
Silica	ppm (SiO ₂)	< 150
Sólidos Totais Dissolvidos	ppm	< 300
Oxigênio Livre	ppm	Zero

Fonte: SANTOS, L. O. et al (2015)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A qualidade da água da chuva apresentada a seguir, foi coletada pelo método direto e indireto e será apresentada na forma de tabela, onde são representados os valores médios das 10 análises feitas, sendo 5 do método direto e 5 do método indireto, todas armazenadas em frascos de polietileno de 1l, totalizando 10l de água coletada durante os períodos de abril a agosto do ano de 2015.

Tabela 2 - Parâmetros da água da chuva coletada pelo método direto e indireto.

Parâmetros	Método Indireto	Método Direto
pH	7,26	7,00
Alcalinidade	4,35 ppm CaCO ₃	0,87 ppm CaCO ₃
Condutividade	82,85 μS/cm	22,60 μS/cm
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	40,11 ppm	11,02 ppm

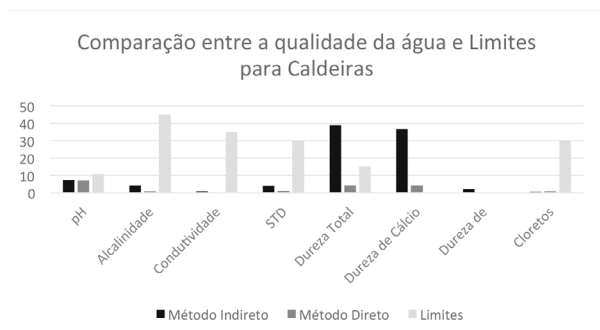
Parâmetros	Método Indireto	Método Direto
Dureza Total	38,88 ppm CaCO ₃	4,32 ppm CaCO ₃
Dureza de Cálcio	36,72 ppm CaCO ₃	4,32 ppm CaCO ₃
Dureza de Magnésio	2,16 ppm CaCO ₃	0 ppm CaCO ₃
Cloretos	7 ppm Cl	8,75 ppm Cl

Fonte: SANTOS, L. O. et al (2015)

Vale salientar diante desses parâmetros encontrados que a Alcalinidade encontrada em todas as amostras foi somente influenciada por Bicarbonatos.

Quando colocamos em um gráfico comparando esses parâmetros com os valores limites determinados pela ASME para água de alimentação de caldeiras temos:

Figura 1 - Gráfico comparando os parâmetros analisados da água e os limites impostos pela ASME.



Fonte: SANTOS, L. O. et al (2015)

Com exceção do pH, que a faixa ideal é entre 10 e 12, todos os outros valores devem estar abaixo do valor limite. Também não se tem valores de referência para dureza de cálcio e dureza de magnésio, tem-se somente o valor limite da dureza total. Desta forma, vê-se que a água de captação direta deve apenas sofrer um tratamento de correção de pH e todos os

outros valores estão abaixo dos limites. Já a água de captação indireta deve sofrer tratamento para correção de pH e redução de dureza.

Portanto pode-se perceber que a água de captação direta pode ser utilizada em caldeira simplesmente com uma correção simples de pH, enquanto a água de captação indireta deve sofrer a correção de pH e a redução da dureza. Porém, perde-se muito a eficiência de captação da água simplesmente pelo método direto. Desta forma, a água captada pelo método indireto continua sendo uma forma bastante eficaz para uso em caldeiras industriais, desde que tenha seu pH corrigido e sua dureza reduzida. A dureza pode ser reduzida com tratamentos precipitantes a base de fosfatos, tendo em vista que podem ser usados para dureza abaixo de 50ppm de CaCO₃, ou até mesmo usar abrandadores.

5 CONCLUSÃO

Devido aos problemas vivenciados com a falta de água, é extremamente necessário procurar fontes alternativas de água para uso industrial, de preferência fontes que minimizem o uso de água potável.

Ficou claro que a água chuva, da forma bruta, não atende a todos os critérios exigidos para água de alimentação de caldeiras, porém, apresenta-se como uma ótima alternativa, tendo em vista que os resultados analíticos a mostraram com baixos sólidos dissolvidos, baixa dureza, baixa condutividade, pH na faixa de neutralidade, podendo considerá-la como referência quando comparada com águas de outras fontes. Desta forma os custos com tratamento químico da qualidade da água serão bem menores quando comparados com os custos de tratar águas de fontes fluviais e de outorga.

A água da chuva, quando captada pelo método direto, apresenta uma maior pureza quando comparada com a água captada pelo método indireto,

porém, isso não deve ser um fator impeditivo para o uso da água captada pelo método indireto, pois com tratamentos simples de filtração, correção de pH e redução de dureza, podemos utilizar essa água sem problemas.

A água de precipitação atmosférica, quando armazenada, ainda tem a vantagem de reduzir os riscos de enchentes.

Diante dos resultados apresentados e das justificativas expostas, percebe-se que a captação e tratamento da água da chuva para uso industrial é uma opção de bastante rentável e sustentável, de forma que abrange a sustentabilidade ambiental, econômica e social.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. **Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no país**. Diretrizes e prioridades. 2009. Disponível em: http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos/07%20Outorgas/VF%20Outorga.pdf. Acesso em: 12 abr. 2015.
- ALVES E.C.R.F.; SILVINO, A.N.O.; ANDRADE, N.L.R.; SILVEIRA, A. Gestão dos recursos hídricos no Estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.14, n.3, p. 69–80, jul/set, 2009.
- BOF, L. H. N.; PRUSKI, F. F.; SILVA, L. M. C.; JUSTINO, F. Analysis of Appropriate Timescales for Water Diversion Permits in Brazil, **Environmental Management**, v.51:492–500. 2013. DOI 10.1007/s00267-012-9982-7.
- FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de Utilização das Águas Pluviais**. Curitiba: Livraria do Chain Editora, p. 167, 2002.
- GALLOWAY, J. N.; LIKENS, G. E. The collection of precipitation for chemical analysis. **Tellus**, v.30, p.71, 1978.
- HERMES, L. C. et al. **Considerações Gerais à Classificação e Monitoração de Qualidade da Água**. Embrapa Meio Ambiente, p.17-41, 2006
- HESPNHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.7, n. 4, p.75–95, out/dez, 2002.
- MARTINEZ, L.J.; MACIEL, L, V. **Manual de segurança para operadores de caldeira**. e. SENAI-SP. São Paulo, 1995.
- MEPPAM. **Manual de Instruções de Operação e Manutenção**. Sertãozinho. Meppam Equipamentos Industriais Ltda. [s.a].
- PACE, L. W. B. **Introdução ao Tratamento de Águas Industriais**. Campinas:Buckman Laboratórios Ltda. 1997.
- PARRON, L. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água** [recurso eletrônico] / Lucila Maria Parron; Daphne Heloisa de Freitas Muniz; Claudia Mara Pereira. – Dados eletrônicos. – Colombo: Embrapa Florestas, 2011. (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958; 219).
- PINHEIRO, A.; VALLE, J.A.B.; TORDO, O. C.; MINATTI, G., Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, ABES, **Anais...** p.1 – 6, 2005.
- REVISTA E PORTAL MEIO FILTRANTE. Disponível em: <www.meiofiltrante.com.br>. Acesso em 10 de jul. 2015.
- SANTOS FILHO, D. F. **Tecnologia de Tratamento de Água**: Água para Industria. Rio de Janeiro: Almeida Neves, 1985.

TORDO, O. C. **Caracterização e Avaliação do Uso de Águas de Chuva para Fins Potáveis**. 2004. 122f. Dissertação. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

VALLE, J. A. B.; PINHEIRO, A.; FERRARI, A. Captação e avaliação da água da chuva para uso industrial. **Revista de estudos ambientais**. v.9, n.2, p. 62-72, jul./dez. 2007.

Recebido em: 29 de Maio de 2016
Avaliado em: 30 de Maio de 2016
Aceito em: 3 de Junho de 2016

1. Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba. Aracaju, Brasil
2. Orientador e professor do Departamento de Ciências Fundamentais e Sociais/UFPB. João Pessoa, Brasil
3. Co-orientador e professor do Departamento de Petróleo e Gás/IFS. Aracaju, Brasil