

AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS USOS DA ÁGUA INDUSTRIAL EM UMA EMPRESA DE BEBIDAS DE PEQUENO PORTE: ESTUDO DE CASO

Evaluation of uses and estimation of industrial water in a small beverage drink company: case study

Resumo:

Este trabalho avaliou os usos múltiplos, o consumo e as perdas de água utilizada no processo industrial de uma fábrica de bebidas de pequeno porte, localizada na cidade de Garanhuns-PE. A indústria de bebidas é reconhecida como grande consumidora de água e geradora de efluentes líquidos, quando comparada a outras tipologias industriais. A partir da avaliação dos seus usos industriais, foi realizada uma estimativa de perdas de água (quantitativa), através de medições diretas e estimativas teóricas no processo fabril. Também foram elaboradas propostas de medidas mitigadoras para a eventual redução dessas perdas e geração de efluentes. Foi estimado um consumo hídrico anual na área de produção de 5.402.850,24 L. A partir deste valor, foi estimado que atualmente são gastos 8,19 L de água para a produção de 1 L de bebida, sendo o índice de perdas da indústria de cerca de 89%, estando ambos os índices acima da média nacional.

Abstract:

This work evaluated the multiple uses, expenditure and loss of the water used in the industrial process of a small beverage factory, located in the city of Garanhuns-PE. The beverage industry is recognized as a major consumer of water and generator of liquid effluents, when compared to other industrial types. From the evaluation of its industrial uses, a quantitative estimation of water loss was made through direct measurements and theoretical estimates in the manufacturing process. Proposals for mitigating measurements were also prepared for the eventual reduction of water loss and generation of effluents. The industry's annual water consumption in the production area was estimated: 5,402,850.24 L. From this value, it was estimated that 8.19 L of water is currently spent to produce 1 L of beverage, with the loss index of around 89%. Both indexes are above the national average.



***Nayá Paiva Pereira de Almeida
Leitão, André Felipe de Melo
Sales Santos¹***

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco
E-mail: nayaleitao@gmail.com

Contato principal

Nayá Paiva Pereira de Almeida Leitão¹



Palavras chave: Consumo de água, Indústria de Bebidas, Quantificação de perdas de água

Keywords: Water Expenditure, Beverage Industry, Quantification of Water Loss



INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se em uma posição hidrogeológica favorável quanto à disponibilidade de água doce, possuindo reservas que compreendem 14% da água doce mundial (VAITSMAN & VAITSMAN, 2005). Ainda assim, apesar de toda a aparente abundância de água no país, ele encontra-se enfrentando uma crise hídrica, sendo necessária a exploração de água em lugares mais distantes e em maiores profundidades (VAITSMAN & VAITSMAN, 2005). A falta de chuva impacta vários setores econômicos, como o da geração de energia elétrica, o de abastecimento e da agricultura (CERQUEIRA et al., 2015).

Com o declínio da quantidade de água disponível, fez-se necessária a criação de políticas que aumentaram a cobrança pelo seu uso e redução de consumo, como exigências no tratamento e reuso de efluentes industriais.

O Brasil dispõe de ampla legislação relativa ao manejo da água. A Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, Resolução nº 54/05 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e a Resolução nº 91/08 versam respectivamente sobre a qualidade requerida da água de consumo humano, dos procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos e dos critérios gerais para reuso de água potável. De forma análoga, em termos de efluentes e qualidade da água dos corpos hídricos receptores, são aplicáveis as Resoluções nº 357/05 e nº 430/11 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e em nível do Estado de Pernambuco a Norma Técnica nº 2.001/00 da Companhia Pernambucana de Meio Ambiente (CPRH) que trata do Controle de Carga de Efluentes Líquidos Industriais.

Neste trabalho foi realizada uma avaliação dos usos e do manejo dos recursos hídricos em uma empresa de bebidas de pequeno porte do município de Garanhuns-PE, a fim de quantificar as perdas durante as atividades fabris, identificar suas possíveis causas, bem como analisar as oportunidades de redução de consumo de água e de geração de efluentes no processo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área de produção de uma indústria de bebidas de pequeno porte na cidade de Garanhuns, PE. A não existência de hidrometração para a quantificação dos consumos de água por linha, operação e processos impossibilitou a realização de um balanço hídrico mais preciso. Desta forma, foi realizada a estimativa de consumo e desperdício de água através de pesquisa de campo, entrevistas a respeito dos procedimentos, rotinas e operações com os responsáveis pelas respectivas áreas, através de dados técnicos de equipamentos e de medições diretas das vazões nas áreas avaliadas, quando necessário.

A partir disto, foram identificadas as atividades e áreas

que requeriam maior quantidade de água dentro da indústria, sendo elas: lavagem da xaroparia, lavagem da área de abastecimento de insumos, lavagem das garrafas de vidro utilizadas no envase e lavagem das linhas de produção – CIP. Para calcular a estimativa dos consumos de água por processo, a vazão das mangueiras utilizadas nas respectivas áreas foi medida manualmente. Nas áreas da xaroparia, lavagem das garrafas e produção são utilizadas mangueiras de ¾” de diâmetro, de vazão máxima 2.527,30 L/h; enquanto na área de abastecimento de insumos é utilizada uma mangueira de 1” de diâmetro, cuja vazão máxima é de 4.680 L/h. A partir destas informações, foram feitas as estimativas dos consumos pelas áreas prioritárias.

Na quantificação da água bruta consumida foram considerados em todos os cálculos: a vazão de água utilizada, o tempo no qual a água é utilizada durante o procedimento e a frequência com a qual o procedimento ocorre. Para cada área observada, foram feitas as seguintes considerações:

Área de abastecimento: A limpeza ocorre pelo menos quatro vezes por semana, com uso de mangueira de 1” de diâmetro pelo operador, em vazão máxima, por pelo menos 30 minutos por dia e desconsiderando vazamentos.

Área da xaroparia: A limpeza ocorre pelo menos quatro vezes por semana com uso de mangueira de ¾” de diâmetro pelo operador, em vazão máxima, por pelo menos 30 minutos por dia e desconsiderando vazamentos.

Lavagem de garrafas: A máquina lavadora comporta 300 L de água com hidróxido de sódio (NaOH, 0,42 M), que permanece na máquina por 8 dias até ser trocada. Após passarem pela lavadora, as garrafas são enxaguadas, sendo submersas manualmente em dois tambores sequenciais preenchidos de água para a remoção da solução de hidróxido de sódio residual. Os tambores possuem capacidade de estocar 200 L de água cada, e para que a água seja renovada continuamente durante o enxágue, é inserida uma mangueira de ¾” de diâmetro em cada tambor, com fluxo contínuo de água, fazendo com que haja transbordamento durante todo o expediente, por 8 horas/dia, de segunda a sexta-feira e 5 horas/dia nos sábados. Foram medidas as vazões das duas mangueiras utilizadas para o preenchimento dos tambores durante 3 dias, em duplicata, sendo a média das vazões, respectivamente, 732,87 L/h e 576,39 L/h. Para o cálculo da estimativa de gastos diários, foi adicionado aos cálculos os 200 L de cada tambor e foi suposto que as vazões se mantêm constantes durante todo o expediente.

Lavagem das linhas (CIP): A solução de limpeza (água com detergente) é preparada em um tanque conectado à linha e segue pela tubulação até o fim, enquanto os colaboradores limpam os equipamentos com a mesma mistura na parte exterior. Após todo o produto passar pelas máquinas, é utilizada água limpa a partir do tanque, com o auxílio de uma mangueira de ¾” de diâmetro e vazão de cerca de 2.527,30 L/h. O enxágue ocorre até que, ao final da linha, seja notado que não há mais resquícios de produto. O tempo médio de duração da CIP é de cerca de

30 minutos e é estimado que o produto leve entre 5 e 10 minutos para sair completamente do equipamento, após a limpeza ser iniciada. Não é esperado que o produto aja; no momento em que ele chega no fim da linha, já é removido e, em seguida, ocorre o enxágue com água.

Para efeito de cálculo, foi considerado que a água limpa entra no sistema após 7,5 minutos da entrada do detergente na linha, pois este é o tempo médio em que ele leva para sair completamente da tubulação. Foi considerado, também, que os colaboradores levam em média 10 minutos para retirar o produto da parte externa dos equipamentos, utilizando mangueira de 3/4" de diâmetro com a vazão máxima e que a empresa realiza o processo pelo menos quatro vezes por dia nos dias de segunda a sexta-feira, e pelo menos duas vezes nos dias de sábado.

Com estes dados, foi possível obter uma estimativa dos gastos hídricos em função do tempo, por processo.

Para a determinação da eficiência da produção, foram calculados o índice de perdas (IP%) e a quantidade de água necessária para a fabricação de 1 L de bebida na indústria. Para isto foi utilizada a informação de produção anual média da empresa, que é de cerca 660.000 L de bebida engarrafada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Toda a água utilizada para os múltiplos usos industriais é proveniente de fonte hídrica subterrânea. A água de alta qualidade provém do Sistema Aquífero Garanhuns (litotipos aflorantes correspondentes, em maior parte a

exposição da Formação São Sebastião), retirada por meio de bombeamento (bombas submersas). A indústria possui cinco poços profundos para a captação de água bruta. A água aduzida de cada poço é direcionada para uma calha coletora hídrica, e desta é encaminhada para uma cisterna através de bomba centrífuga e tubulações de PVC, e de lá é transferida para um castelo d'água constituído de duas caixas d'água de 60.000 L cada. É a água armazenada neste castelo que abastece toda a empresa.

Novos poços de captação são frequentemente perfurados para a exploração do aquífero, sempre em maiores profundidades, tendo em vista a necessidade iminente da água, permitindo que o volume utilizado nas atividades industriais permaneça inalterado. Essa prática, entretanto, pode provocar o rebaixamento do aquífero confinado, reduzindo sua capacidade de recuperação/produção e sua vazão ao longo do tempo. A falta de hidrometração nos poços é preocupante, visto que esta medida representaria a parcela mais importante do balanço hídrico. Por não haver custos com a obtenção da água para os processos fabris, foi notado que não há grande preocupação com o seu consumo. Como não há uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) na empresa, toda a água utilizada para a manutenção das atividades é descartada sem tratamento adequado. Encontra-se apresentado nas Equações 1 a 4 o cálculo do consumo de água diário com os processos fabris observados neste estudo:

$$V_{\text{abastecimento/dia}} = Q_{1"} \times t \quad (1)$$

$$V_{\text{xaroparia/dia}} = Q_{3/4"} \times t \quad (2)$$

$$V_{\text{lavagem/dia}} = n_{\text{tambor}} \times V_{\text{tambor}} + (Q_{1,\text{média}} + Q_{2,\text{média}}) \times h_{\text{expediente}} \quad (3)$$

$$V_{\text{CIP}} = Q_{3/4"} \times t_{\text{enxágue,int}} + Q_{3/4"} \times t_{\text{enxágue,ext}} + V_{\text{água,sol}} \quad (4)$$

Onde:

$h_{\text{expediente}}$: tempo no qual a lavagem de garrafas ocorre em um dia de expediente;

$Q_{1"}$: Vazão da mangueira de 1";

$Q_{3/4"}$: Vazão da mangueira de 3/4";

$Q_{1,\text{média}}$: Vazão média da mangueira 1;

$Q_{2,\text{média}}$: Vazão média da mangueira 2;

t : tempo em que a mangueira permanece aberta durante a lavagem;

$t_{\text{enxágue,int}}$ = Tempo em que a água corrente passa no

equipamento;

$t_{\text{enxágue,ext}}$ = Tempo em que a parte exterior dos equipamentos é lavada;

$V_{\text{lavagem/dia}}$: Volume gasto na lavagem das garrafas por dia;

V_{tambor} : Volume do tambor utilizado no enxágue;

n_{tambor} : Número de tambores utilizados na área de lavagem.

V_{CIP} = Volume de água gasto para realizar uma CIP;

$V_{\text{água,sol}}$ = Quantidade de água utilizada na diluição do detergente.

Foi estimado que o gasto diário de água durante a lavagem

da área de abastecimento foi de 2.340 L (Equação 1), resultando em um gasto mensal de 37.440 L. Com a lavagem da área de armazenamento de insumos, foi estimado um gasto diário de 2.340 L (Equação 2), resultando em um gasto mensal de 37.440 L. Na área de lavagem de garrafas, durante apenas um dia, desconsiderando a água da lavadora, foi estimado o uso de cerca de 10.900 L (Equação 3). Mensalmente, considerando que a média das vazões das mangueiras permanece constante, este valor chega a 244.866,80 L. Por fim, ao estimar a quantidade utilizada com a CIP (Equação

4), obteve-se um volume diário de 6.275,60 L e um volume mensal de 138.063,20 L.

Foram desconsiderados dos cálculos vazamentos, gastos com lavagem de pátios, lavagem de veículos, gastos nas copas, refeitório e sanitários. Foram reunidas na Tabela 1 as estimativas do consumo de água por setor, e está exposto na Figura 1 o gasto hídrico percentual anual de cada área.

Tabela 1. Estimativa do consumo de água da área de produção

Fonte	Φ (in)	Q_{real} (L/h)	V_{dia} (L)	$V_{mês}$ (L)	V_{ano} (L)	%
Limpeza da xaroparia	¾	2.527,30	1.263,65	20.218,40	242.620,80	4,5
Limpeza da área de abastecimento	1	4.680,00	2.340,00	37.440,00	449.280,00	8,3
Lavagem de garrafas	¾	732,87	576,39	10.874,08	262.177,92	58,2
CIP	¾	2.527,30	6.275,60	130.401,20	1.564.814,40	29,0
Total			20.753,33	457.899,52	5.402.850,24	100,0

Φ = diâmetro da mangueira; Q_{real} = vazão utilizada no processo; V_{dia} = Volume de água gasto por dia; $V_{mês}$ = Volume de água gasto no mês; V_{ano} = Volume de água gasto no ano.

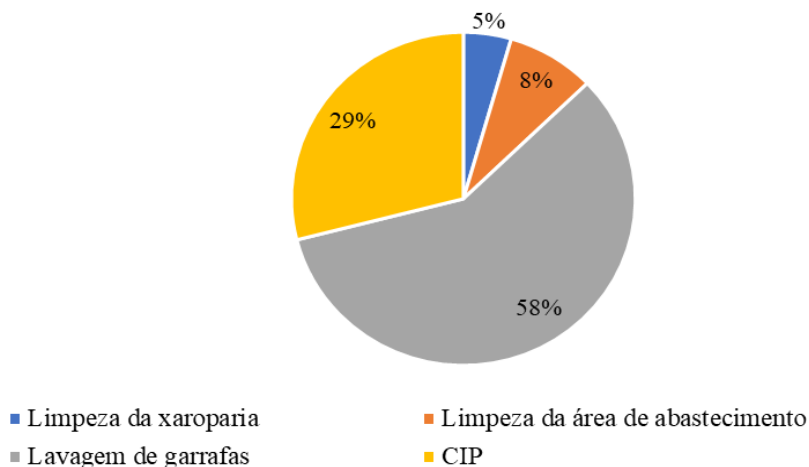


Figura 1. Consumo hídrico percentual.

Pode-se observar na Figura 1 que a lavagem das garrafas é o setor onde mais se utiliza água dentro da empresa, representando 58% do gasto anual, seguido pelo procedimento de CIP, que representa um consumo anual de 29%.

Sabendo que a média de produção anual da empresa é de 660.000 litros de bebida e tendo a estimativa do volume anual de água gasto na empresa (Tabela 1), pôde-se estimar a quantidade de água necessária para a fabricação de 1 L de bebida, que foi de 8,19 L (Equação 5). Segundo Mierzwa & Hespanhol (2005), o volume médio de água

necessário para a produção de 1 L de aguardente e bebidas alcóolicas destiladas é de cerca 1,24 L. O valor gasto na empresa representa um volume 85% maior do que o necessário, segundo esta referência, e como não há tratamento de efluente na indústria, nem ocorre o reuso dos recursos hídricos utilizados, este volume de água acaba sendo desperdiçado, podendo causar grandes prejuízos ambientais e rebatimentos legais à própria indústria.

$$V_{\text{agua/L}} = \frac{V_{\text{agua/perdas}}}{V_{\text{bebidas}}} \quad (5)$$

$$V_{\text{agua/L}} = \frac{5.402.850,24}{660.000} = 8,19\text{L}$$

Para a determinação da eficiência do sistema de produção de bebidas, foi calculado o índice de perdas percentual (IP%) do processo, para que fosse observado se o IP% da indústria está de acordo com o valor médio nacional. Segundo Mierzwa & Hespanhol (2005), a média de perda hídrica em uma indústria de bebidas é de 77 %. O índice de perdas de água estimado na empresa foi de 89% (Equação 6), o que indica que a eficiência do processo de produção em relação ao consumo de água está 13% acima da média. A redução do IP% é benéfico para a indústria, que ao utilizar menos água nos processos passa a necessitar de menos recursos energéticos para a obtenção da água, reduzindo os gastos com energia (ABES, 2013).

$$IP\% = \frac{V_{\text{agua/perdas}}}{V_{\text{agua/total}}} \times 100 \quad (6)$$

$$V_{\text{agua/L}} = \frac{5.402.850,24}{(5.402.850,24 + 660.000)} \times 100 = 89\%$$

A partir dos resultados obtidos, pôde-se concluir que se faz necessária a adoção de medidas que auxiliem no controle e redução dos gastos hídricos da empresa. A instalação de hidrômetros é fundamental, visto que a vazão dos poços, assim como seu tempo de trabalho, representa a parcela de entrada de água do balanço hídrico da planta (única fonte de água). Os hidrômetros também são fundamentais para a obtenção do valor exato do consumo, dado necessário para a obtenção de indicadores como volume de água coletado, percentagem em volume de água utilizado em produtos, percentagem de perdas, percentagem de reuso, etc. Com esta informação pode-se determinar metas de redução de consumo e reuso, por exemplo.

Na xaroparia a otimização do tempo e forma de lavagem poderia reduzir drasticamente o consumo e desperdício de água, evitando o uso contínuo da mangueira e com a adoção de equipamentos mais econômicos e que prevejam reuso em cascata, por exemplo. A aquisição de uma máquina lavadora de alta pressão tornaria o processo de limpeza mais simples, rápido e econômico. Além de a máquina poder ser utilizada para todos os processos que envolvem a higienização da fábrica e apresentar boa eficiência na remoção de incrustações, empregando uma vazão de água consideravelmente menor do que é utilizada com o uso das mangueiras, o número de colaboradores necessário para a limpeza dos diferentes setores, principalmente do abastecimento e coleta de água, também seria consideravelmente menor do que o exigido

atualmente.

Na área de lavagem das garrafas pode-se considerar também a troca da máquina de lavagem para uma mais eficiente, na qual ocorram ambos os processos de sanitização com hidróxido de sódio e o processo de enxágue, o que permitiria a redução da mão-de-obra necessária para a limpeza das garrafas, liberando sua alocação para o processamento das bebidas, permitindo o aumento do volume de bebidas produzido pela empresa sem que houvesse a necessidade da contratação de mais colaboradores.

CONCLUSÃO

Foi observado que a água utilizada para a manutenção dos processos fabris é a mesma utilizada para a fabricação de bebidas. Foi estimado que o consumo hídrico médio anual da indústria, apenas com a manutenção dos processos de produção da fábrica, é da ordem de 5.402.850,24 L, desconsiderando vazamentos, gastos com lavagem de veículos, de pátios, na copa, refeitório e sanitários. Por não haver uma ETE na indústria, nem processos de reuso, toda esta água é descartada sem tratamento. A partir dos valores obtidos, foi estimado que atualmente são gastos 8,19 L de água para a produção de 1 L de bebida, valor 85% maior do que o necessário, segundo a literatura. Também foi obtido o índice de perdas da empresa, que foi de 89%, estando 13% acima da média nacional.

Entende-se que mesmo com estrutura deficiente em termos de controles automáticos ou mesmo mecânicos, além dos instrumentos de medição adequados (como no caso dos hidrômetros), uma gestão mais atenta e a determinação de procedimentos de controle podem vir a reduzir o consumo da água e melhorar aspectos de custos produtivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Agência Estadual do Meio Ambiente – CPRH. **Norma Técnica nº. 2001**, 21 Fev. 2000. Dispõe sobre o controle de carga orgânica em efluentes líquidos industriais. Disponível em:

<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/normas-cprh-2001.pdf>. Acesso em 08 Set. 2017.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS nº. 518/2004**. Estabelece as responsabilidades por parte de quem produz a água, a quem cabe o exercício do controle de qualidade da água e das autoridades sanitárias, a quem cabe a missão de “vigilância da qualidade da água” para consumo humano. Disponível em:

http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf. Acesso em 14 Set. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente – CONAMA.

Resolução nº. 357, 17 Mar. 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais

para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>
Acesso em: 19 Ago. 2017.

_____. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. **Resolução Nº 54**, 28 Nov. 2005 Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/resolucao_06.pdf. Acesso em 19 Ago. 2017.

_____. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. **Resolução nº. 91**, 05 Nov. 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Disponível em: http://piranhasacu.ana.gov.br/resolucoes/resolucaoCNRH_91_2008.pdf. Acesso em 14 Set. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 430**, 13 Mai. de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em 19 Ago. 2017.

CERQUEIRA, G. A.; PINTO, H.S.; FARIA, I.D.; BAPTISTA, J.C.R.; KASSMAYER, K.; SOUZA, L.B.G.; KOHLER, M.A.; ABBUD, O.A.; PINTO, V.C. **A Crise Hídrica e suas Consequências**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (Boletim do Legislativo nº 27, de 2015). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 12 de agosto de 2017.

VAITSMAN, D. S. & VAITSMAN, M. S. **Água Mineral. Interciência**, Interdisciplinar; 3, p.126, 2005.