

Eixo Temático ET-01-031 - Gestão Ambiental

## **AVALIAR DESPERDÍCIOS NA PRODUÇÃO DE ÁGUA DESTILADA E PROPOR GESTÃO – EXTRABES/UEPB**

Ysa Helena Diniz Morais de Luna<sup>1</sup>, Wilza da Silva Lopes<sup>2</sup>, Edilma Rodrigues Bento Dantas<sup>2</sup>,  
Maria Virgínia da Conceição Albuquerque<sup>1</sup>, Fernanda Patrício do Monte<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual da Paraíba, Programa de Pós graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental. Paraíba. Email: ysa\_luna@outlook.com.

<sup>2</sup>Universidade Estadual da Paraíba, Programa de Pós graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Doutorado em Engenharia Ambiental. Paraíba.

### **RESUMO**

Atualmente a cidade de Campina Grande enfrenta uma grande crise hídrica e a situação do abastecimento de água na cidade vem sofrendo com racionamento desde 2014. Com isso medidas que visem e auxiliem no processo de gestão é de suma importância para o uso e conservação da água. Esse trabalho foi desenvolvido na Extrabes – UEPB visando avaliar a quantidade de água de resfriamento que é desperdiçada no processo de destilação de água, bem como propor ações para sua reutilização. Foi analisado que diariamente são desperdiçados nos laboratórios 37,2L e 31,7L para dois destiladores presentes nos laboratórios. A partir do levantamento realizado foram propostas ações que visam à captação, o armazenamento e a utilização da água de resfriamento para lavagens de pisos, limpeza do laboratório, bem como outros usos que venha a contribuir para uma gestão sustentável da água.

**Palavras-chave:** Água de resfriamento; Destiladores; Desperdício de água; Gestão.

### **INTRODUÇÃO**

O contínuo crescimento populacional acarreta o aumento da demanda por água, sendo os setores da agricultura irrigada, o setor industrial e o consumo humano os que mais necessitam de água. O consumo concentrado nos centros urbanos gera escassez, decorrente da pressão sobre os recursos hídricos.

Segundo Cohim et al. (2007) a escassez de água pode ser tanto pela pequena capacidade de oferta decorrente da baixa pluviosidade, como por elevada demanda devido a uma concentração urbana excessiva. May (2004) cita a periodicidade do suprimento, a irregularidade do suprimento, o desmatamento e a poluição das nascentes, também como fatores que agravam a escassez de água.

A região Nordeste do Brasil naturalmente apresenta em seu território o clima semiárido, que passa por um período de estiagem a qual afeta a dinâmica das populações inseridas na região. Isso faz com que varias cidades enfrentem não só problemas hídricos, mas também econômicos.

Campina Grande, segunda cidade mais populosa do estado da Paraíba, com uma população de 385.213 habitantes, sendo 95% a população residente em área urbana (IBGE, 2012), apresentando destaques no polo econômico e educacional na região Nordeste brasileira.

A cidade é abastecido por sistema que capta água no Reservatório Epitácio Pessoa, também conhecido como açude Boqueirão, e a bacia de contribuição deste, situa-se numa região de semiárido, com alta variabilidade climática e hidrológica natural.

Del grande et al. (2016) relata que no início de dezembro de 2014, a companhia de água responsável iniciou um racionamento de água em Campina Grande e demais núcleos urbanos abastecidos pelo açude Boqueirão. O abastecimento de água passou a ser suspenso por 36 horas semanais, e em junho de 2015, houve um aumento para 60 horas semanais de racionamento.

Percebe-se deste modo, a situação crítica na qual se encontra o abastecimento de água na cidade, sendo de elevada importância evitar desperdícios deste recurso até que a situação seja amenizada, seja por chuvas que abasteçam o açude, ou pela vazão adicional de água que chegará à bacia do açude advinda do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.

A cidade possui duas universidades públicas, a Universidade Federal de Campina Grande e a Universidade Estadual da Paraíba, além de instituições de nível técnico. As universidades são consideradas grandes consumidoras de água pelas variadas atividades desenvolvidas em suas dependências, dentre elas o paisagismo, a limpeza, os bebedouros, a alimentação, as atividades laboratoriais, dentre outras.

Por se tratar de um espaço de formação profissional, de convívio social, de criação e debate de opiniões e tecnologias, estes centros educacionais deveriam servir de modelos promovendo o incentivo e a aplicação de metodologias para a racionalização do uso e economia da água.

Segundo a Instrução Normativa nº 01/2010 (BRASIL, 2010), que dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. No seu Capítulo II cita:

“Art. 4º Nos termos do art. 12 da Lei nº 8.666, de 1993, as especificações e demais exigências do projeto básico ou executivo, para contratação de obras e serviços de engenharia, devem ser elaborados visando à economia da manutenção e operacionalização da edificação, a redução do consumo de energia e água, bem como a utilização de tecnologias e materiais que reduzam o impacto ambiental, tais como:

I – uso de equipamentos de climatização mecânica, ou de novas tecnologias de resfriamento do ar, que utilizem energia elétrica, apenas nos ambientes aonde for indispensável;

II – automação da iluminação do prédio, projeto de iluminação, interruptores, iluminação ambiental, iluminação tarefa, uso de sensores de presença;

III – uso exclusivo de lâmpadas fluorescentes compactas ou tubulares de alto rendimento e de luminárias eficientes;

IV – energia solar, ou outra energia limpa para aquecimento de água;

V – sistema de medição individualizado de consumo de água e energia;

**VI – sistema de reuso de água e de tratamento de efluentes gerados;**

VII – aproveitamento da água da chuva, agregando ao sistema hidráulico elementos que possibilitem a captação, transporte, armazenamento e seu aproveitamento;

VIII – utilização de materiais que sejam reciclados, reutilizados e biodegradáveis, e que reduzam a necessidade de manutenção; e

IX – comprovação da origem da madeira a ser utilizada na execução da obra ou serviço.”

A Política Nacional do Meio Ambiente, expressa na Lei 6.938/81 (Brasil, 1981), que objetiva o estabelecimento de padrões que tornem possível o desenvolvimento sustentável, através de mecanismos e instrumentos capazes de conferir ao meio ambiente uma maior proteção, encontra lacunas nas atividades cotidianas da universidade, dentre elas, a ausência de projetos de reuso da água de resfriamento de equipamentos destiladores/condensadores, para fins não potáveis.

Dentre inúmeros componentes das instituições de ensino, os laboratórios de análises químicas, físicas e biológicas, são as estruturas que possuem um elevado consumo de água, para síntese de material (soluções nutritivas, reagentes, lavagem de materiais, etc.) bem como para efetuar as suas atividades de análises. Como citado por Marsaro e Guimarães (2007), nos processos laboratoriais, as impurezas contidas na água (sais minerais) não são aceitas para um bom desempenho das análises, sendo assim, é necessário fazer a destilação da água.

O aparelho responsável pela destilação da água potável é o destilador de água. Segundo Nunes et al. (2006), é um dos equipamentos de uso específico de água mais representativos, pois esse equipamento necessita de um grande volume de água para o processo de destilação, sendo que apenas uma pequena parte se transforma em água destilada e o restante é utilizado para resfriamento.

Marsaro e Guimarães (2007) e Marisco (2007) afirmam que o reuso dos efluentes dos equipamentos destiladores é fundamental e viável, uma vez que a sua qualidade parece permitir o seu uso como água não potável com pouco ou quase nenhum tratamento. Essas propostas de reuso surgiram do grande quantitativo de água de resfriamento que é desperdiçada na produção da água destilada, e se fazem necessárias metodologias que minimizem esse desperdício.

Segundo estudos de alguns autores e respectivos laboratórios analisados, observa-se uma variedade de volumes de água de resfriamento desperdiçada na produção de 1 litro de água destilada (Quadro 01). Os valores são diversos e dependem do tempo de uso do equipamento, da eficiência do mesmo e de cuidados com a sua operação.

**Quadro 01.** Volume de água desperdiçada para produzir 1 litro de água destilada em diversos laboratórios.

Autor	Laboratório	Volume de água desperdiçada para produzir 1 litro de água destilada
<b>Marisco (2007)</b>	L. Físico-Químico	22,1 litros
	L. Aulas Práticas	95,9 litros
	L. Microbiologia	21,3 litros
	L. Cromatografia	26,4 litros
<b>Marsaro e Guimarães (2007)</b>	L. Físico-Químico	17,0 litros
	L. Microbiologia	21,0 litros
<b>Luna et al. (2015)</b>	L. Saneamento	18,6 litros
	L. Bioquímica de Alimentos	25,1 litros
	L. Carvão ativado	45,2 litros

Com base nos estudos realizados e refletindo sobre a questão do desperdício de água de resfriamento, a problemática é ressaltada, e tal questão foi discutida pelos alunos e responsáveis pelos laboratórios que fazem parte da Estação Experimental de Tratamento

Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES), pertencente às instalações da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Mediante a relevância do tema, este trabalho foi realizado focando na discussão de meios para efetuar um uso alternativo da água de resfriamento desperdiçada e propor ações de gestão ambiental nos laboratórios, e conseqüentemente auxiliar a UEPB a se adequar à Política Nacional do Meio Ambiente.

## **OBJETIVOS**

O objetivo do presente trabalho é quantificar a água de resfriamento desperdiçada no processo de destilação de água em dois equipamentos destiladores da EXTRABES (UEPB), e propor alternativas de uso racional da água de resfriamento.

## **METODOLOGIA**

O trabalho foi realizado em três etapas: a caracterização da área de estudo; a quantificação do volume de água de resfriamento desperdiçado no processo de destilação de água; e propor um sistema para o aproveitamento da água de resfriamento.

### **- Caracterização da área de estudo**

A Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES) está localizada na cidade de Campina Grande, situado numa área pertencente à Companhia de Águas e Esgoto do Estado da Paraíba, apresentando três grandes laboratórios.

Na EXTRABES estão montados sistemas pilotos para o desenvolvimento de projetos em saneamento básico, com água, esgotos domésticos, resíduos sólidos e lixiviados, dentre outros. As pesquisas desenvolvidas são coordenadas por professores da UEPB e envolvem pesquisadores em vários níveis tais como pós-doutorandos, doutorandos, mestrandos e graduandos.

### **- Quantificação de água de resfriamento desperdiçada**

Para realização do levantamento da quantidade de água desperdiçada no processo de resfriamento para produzir água destilada foram selecionados o Laboratório de Química e Saneamento (LAQUISA) e o Laboratório do Grupo de Pesquisa Ambiental (GPESA).

Esses laboratórios foram selecionados, pois recebem diariamente muitos alunos de graduação e pós-graduação que desenvolvem pesquisas na área de saneamento, bem como pela acessibilidade para realização do estudo. A Figura 01 apresenta os destiladores utilizados nos laboratórios, e analisados neste estudo.

Para quantificação do volume de água utilizado no resfriamento do processo de destilação de água foi utilizada a seguinte metodologia:

1. Com auxílio de um balde graduado foi medido a água desperdiçada para produção de 500 ml de água destilada (medido em uma proveta);
2. Foi determinada a vazão de água de resfriamento;
3. Foi realizada a verificação da temperatura da água.

**Figura 05.** Destiladores observados.

(A) Destilador do LAQUISA, modelo TE-1782



(B) Destilador do GPESA, modelo não identificado.

Fonte: Próprio autor

Em seguida foi quantificado o volume de água que é desperdiçada por dia em cada um desses laboratórios. Para isso, foi estimado que cada um dos destiladores ficam ligados 5 horas ao dia, sendo esse tempo suficiente para destilação da água necessária para lavagem dos materiais, realização das análises e preparação de soluções.

Ainda foi avaliada a influência do processo de operação do destilador na variação na produção de água destilada e da água de resfriamento desperdiçada. Isso para que pudesse determinar as melhores condições de vazão de operação, de modo a minimizar a água perdida no processo.

### - Propostas de Gestão

Após a identificação do volume de água envolvido no processo de destilação para os 2 laboratórios estudados, foi levantada uma discussão com os que utilizavam os laboratórios, e foram levantadas propostas de sistemas para usos alternativos da água de resfriamento, levando em consideração a reutilização da água e a operação adequada dos equipamentos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Desperdício para produção de 1 L de água destilada

Os valores médios obtidos nas medições para a quantificação do volume de água de resfriamento desperdiçada ( $V_R$ ), a vazão da água de resfriamento ( $Q_R$ ), e temperatura da água de resfriamento ( $T_R$ ) na produção de 1 litro de água destilada, podem ser observados na Tabela 01.

**Tabela 01.** Valores médios coletados nos destiladores.

Laboratório	V <sub>R</sub> Gasto (L)	Vazão Q <sub>R</sub> (L/h)	Temperatura T <sub>R</sub> (°C)
GPESA	37,2	103	40,3
LAQUISA	31,7	80,3	49,8

Percebe-se que o destilador do Laboratório LAQUISA apresentou comportamento mais uniforme apresentando valores máximo de 37,0L e mínimo 29,2L, com média de 31,7L de água de resfriamento perdida, na produção de 1 litro de água destilada. Os resultados do Laboratório GPESA demonstraram variação maior do quantitativo de água de resfriamento requerida obtendo uma média de 37,2L, sendo que seus resultados variaram de 30,7L a 43,6L para produção de 1 litro de água destilada.

Marsaro e Guimarães (2007) verificaram que havia o gasto médio de 17L de água da torneira, Marisco (2007) verificou 22,1L, e Luna et al. (2015) um gasto de 18,6L em laboratórios de físico-química. Os laboratórios estudados na presente pesquisa apresentaram valores maiores que os autores citados, tal fato pode ser justificado pelo modelo antigo do equipamento e pelo fato de ambos já apresentarem muito tempo de uso.

### -Volumes desperdiçados totais

Para verificar o montante mensal de água de resfriamento que é desperdiçada, foi necessário observar a quantidade de horas diárias que o destilador passava ligado, produzindo água destilada suficiente para suprir a demanda dos laboratórios. Desse modo, na Tabela 02, verifica-se que, considerando 5 horas diárias de operação do equipamento, o GPESA desperdiça mensalmente 10.300L e o LAQUISA 8.025L.

**Tabela 02.** Volumes (L) de água de resfriamento gerados durante 5 horas de operação dos destiladores observados.

Laboratório	Volume (L) de água de resfriamento gerado		
	Diário	Semanal	Mensal
GPESA	515,00	2575,00	10300,00
LAQUISA	401,25	2006,25	8025,00

Tais volumes de água de resfriamento são substanciais e merecem atenção, uma vez que a cidade enfrenta, com tanta dificuldade, a problemática do racionamento, não é cabível o desperdício de uma água de elevada qualidade. Deste modo, essa questão foi discutida dentre os diversos alunos frequentadores do laboratório e surgiram ideias para promover o reuso desse volume de água, as quais seguem como propostas de gestão.

### -Propostas de gestão

As propostas de gestão elencadas servem para nortear ações a fim de promover a utilização da água de resfriamento, de modo simplificado e de baixo custo, para que assim seja mais fácil a implantação do sistema.

### Proposta 1: Sistema de reuso simples

O sistema simples, objetivando minimizar os gastos, seria composto por uma caixa de 500L para cada laboratório, a fim de armazenar a água diariamente, e mangueiras, para encaminhar a água produzida no destilador para a armazenagem, e posterior destinação nas diversas áreas do laboratório.

Tal sistema poderia ser locado no nível do terreno, uma vez que a coluna de água armazenada na caixa exerce pressão suficiente para a saída de água pela porção inferior da caixa, não necessitando de bombeamento. Nesse sistema, dada sua simplicidade, a utilização primordial da água de resfriamento seria: lavagens de piso, dos banheiros, e da área externa do laboratório.

### Proposta 2: Sistema de reuso complexo

Esse sistema seria mais complexo e, além das caixas de armazenamento e mangueiras para direcionar a água, seria necessária a utilização de tubulações (PVC) para direcionar a água para a caixa de água que abastece os laboratórios, que no caso está situada em nível elevado (telhado dos laboratórios), requerendo assim a utilização de uma bomba.

Neste sistema mais elaborado, a água de resfriamento seria encaminhada e, ao ser bombeada para caixa de água dos laboratórios, terminaria por se misturar à água de abastecimento convencional, e como esta, seria disponibilizada para todas as finalidades do laboratório, como por exemplo: descargas dos banheiros, pias do laboratório e dos banheiros, e destilador.

Para implantação do segundo sistema apresentado, seria necessária a aquisição de tubulação PVC e demais conexões, e materiais para efetuar a implantação do encanamento, bem como a aquisição de duas bombas para encaminhar a água das caixas de armazenamento inferior para a caixa de água dos laboratórios. Desse modo, pode-se iniciar o reuso da água de resfriamento adotando o primeiro sistema, mais simples e de fácil implantação, e gradativamente adquirir os materiais e equipamentos necessários para evoluir e finalizar o sistema complexo.

### Proposta 3: Correta operação e manutenção dos equipamentos

Os equipamentos destiladores tem sua eficiência baseada em diversos fatores, os quais: operação, manutenção, característica da água utilizada para destilação e tempo de uso. Algumas atitudes podem ser tomadas para que a eficiência seja melhorada e conseqüentemente, o desperdício seja minimizado.

Nota-se na água que se torna vapor, que a concentração de sólidos dissolvidos na água aumenta até à solubilidade total e, ao se precipitarem no interior das caldeiras e tubulações, formam incrustações as quais acarretam queda de pressão, diminuição na taxa transferência de calor e menor vazão de vapor (GERMAIN ET AL. 1972 *apud* CIPRIANO, 2004). Nesse aspecto a água de abastecimento de Campina Grande tem característica salobra (elevado teor de sais dissolvidos), e por isso há frequente formação de precipitados nos reservatórios (caldeiras), sendo importante que a manutenção e limpeza sejam feita frequentemente.

É de extrema importância a observação de variáveis operacionais no momento do uso. Por exemplo, atentar para a vazão aplicada à água de resfriamento, uma vez que em casos desta se encontrar muito baixa, rapidamente perde a capacidade de trocar calor para participar do processo de condensação, e deixa o equipamento em elevadas temperaturas, provocando perdas de vapor, além de poder provocar o aquecimento demasiado do sistema, gerando danos ao equipamento. Por outro lado, em se adotando vazões muito elevadas, uma quantidade maior do que a necessária de água estará sendo empregada para efetuar o resfriamento, gerando um volume maior de água de resfriamento com temperatura ambiente. Logo, deve ser

feito um esclarecimento aos que manuseiam o equipamento de modo a sempre se preocupar e não permitir que elevadas vazões de água passem pelo equipamento, nem tampouco, vazões muito reduzidas, sendo aconselhável estudos para verificar ponto ótimo de operação.

Outro aspecto importante a ser discutido, é a possível substituição dos equipamentos destiladores, os quais são muito antigos, principalmente o destilador do Laboratório GPESA, o qual não foi possível ter o modelo identificado, pois as informações dele foram perdidas ao longo dos anos. Os equipamentos atuais apresentam elevada eficiência na produção de água destilada, e também um menor consumo de energia elétrica, sendo assim econômico nas duas vias.

## CONCLUSÕES

Diante da situação crítica da disponibilidade de água na cidade de Campina grande, este trabalho verificou pontos de desperdício e propôs ações de gestão para aplicar o reuso de água de resfriamento de equipamentos destiladores localizados na EXTRABES (UEPB).

Para a produção de 1 litro de água destilada, os equipamentos apresentaram média de consumo de 37,2 e 31,7 litros de água de resfriamento para os laboratórios GPESA e LAQUISA, respectivamente, sendo o montante mensal desperdiçado de 8025L a 10300L de água, para os destiladores operando durante 5 horas diárias.

Como propostas de gestão, visando minimizar a geração de água de resfriamento ou aplicando-a em reuso, foi idealizado um sistema de reuso simples, utilizando materiais presentes no laboratório, e outro sistema mais complexo por necessitar de recursos financeiros para aquisição de materiais e equipamentos.

Outro aspecto importante na gestão é verificar, na etapa de operação dos equipamentos, maneiras de manter a vazão da água de resfriamento adequada, para elevar a eficiência do processo e minimizar as perdas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores responsáveis pela EXTRABES (UEPB) e toda a comunidade acadêmica que utiliza os equipamentos, e conjuntamente vem discutindo maneiras simples de evitar desperdícios nas suas atividades laboratoriais cotidianas.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 6.938. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília: Congresso Nacional, 1981.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução Normativa nº 01, 19 de janeiro de 2010**. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências.

CIPRIANO, R. F. P. **Tratamento das águas de chuva escoadas sobre telhado e avaliação do seu uso**. Dissertação de Mestrado, FURB– Blumenau, 2004.



COHIM, E.; GARCIA, A. P.; KIPERSTOK, A. Captação de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis. **In: 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA.** Belo Horizonte MG, 2007.

DEL GRANDE, M. H.; GALVÃO, C. O.; MIRANDA, L. I. B.; SOBRINHO, L. D. G.; A percepção de usuários sobre os impactos do racionamento de água em suas rotinas domiciliares. **REVISTA AMBIENTE & SOCIEDADE**, v. XIX, n. 1. São Paulo. p.165-184. 2016.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Censo 2010. 2012.

MARISCO, L. V. **Estudos para implantação de sistema de reúso dos efluentes provenientes de equipamentos destiladores e condensadores.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, 2007

MARSARO, G. C. S. & GUIMARÃES, C. P. Avaliação da viabilidade de reutilização da água de refrigeração dos destiladores para lavagem de pipetas. **In: I SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTRO-OESTE.** Cuiabá, 2007.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica – São Paulo, 2004.

NUNES, S.; ILHA, M.; CELSO, L.G. B. & ROGERS JR, A. Avaliação do potencial de reúso de água em equipamento de análises clínicas. **IN: XI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO.** Florianópolis, 2006.

LUNA, Y. H. D. M.ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; ANJOS JÚNIOR, R. H.; LUCENA, A.D.; COSTA, S. G. F.; Utilização da água de chuva para aplicação como água de abastecimento em equipamentos destiladores. **IN: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL.** Rio de Janeiro, 2014.