



UNIVERSIDADE E SOCIEDADE NO ENSINO E DESENVOLVIMENTO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DO SANEAMENTO BÁSICO

Guilherme Santana, CASTIGLIO¹; Giovani da Silva, CAMPONOGARA²; Rute, FERLA³;
Joice Cristini, KURITZA⁴; Marcelo Giulian, MARQUES⁵; Eder Daniel, TEIXEIRA⁶.

¹ Eng. Energia, Estudante – IPH/UFRGS, Porto Alegre – RS, Brasil, guilhermecastiglio@gmail.com;

² Eng. Mecânica, Estudante – IPH/UFRGS, Porto Alegre – RS, Brasil, giovani.camponogara@ufrgs.br;

³ Eng. Civil, Mestranda – IPH/UFRGS, Porto Alegre – RS, Brasil, ruteferla@hotmail.com;

⁴ Eng. Ambiental, Doutoranda – IPH/UFRGS, Porto Alegre – RS, Brasil, joicekuritza@gmail.com;

⁵ Professor Titular, Ph D. – IPH/UFRGS, Porto Alegre – RS, Brasil, mmarques@iph.ufrgs.br;

⁶ Professor Titular, Ph D. – IPH/UFRGS, Porto Alegre – RS, Brasil, eder.teixeira@ufrgs.br.

Resumo

O presente artigo busca apresentar as atividades realizadas pela equipe do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com alunos do Ensino Médio de escolas públicas da cidade de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, no âmbito de introduzir os conceitos referentes ao saneamento básico, abastecimento de água, combate ao desperdício de água e energia elétrica, de uma forma não convencional, relacionando estes conceitos com a realidade observada pelos alunos. Para isso, foram utilizados modelos didáticos construídos a partir de materiais de fácil acesso, como, por exemplo, bancadas didáticas que representam estações de bombeamento em tamanho reduzido, além dos equipamentos do LENHS. Ademais, foram promovidas palestras, apresentações e debates com os alunos, proporcionando a ampliação da consciência ambiental e social, de modo a entender o processo que envolve o abastecimento de água nas cidades, além de compreender seu papel como agente de combate ao desperdício e difusor destas atitudes e conceitos no seu meio familiar e social. A proposta didática do LENHS se mostrou adequada para a transmissão dos conceitos da relação entre água e energia em Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) a jovens estudantes de ensino médio. Sugere-se que o tema seja inserido em livros didáticos de ensino médio de escolas brasileiras e que esta metodologia seja replicada em atividades escolares e multidisciplinares, tanto nas escolas já visitadas como em outras a serem visitadas futuramente, por esta equipe ou por outras instituições.

Palavras-chave: Abastecimento de Água, Saneamento, Energia, Ensino.

Tema: Educação para uma nova cultura do uso da água.

1. INTRODUÇÃO

Ações de combate às perdas ou ao uso inadequado de água e de energia nos sistemas de abastecimento e de esgotamento sanitários são medidas inadiáveis para garantir a qualidade de execução do serviço prestado à população. O custo anual das perdas de energia elétrica no saneamento no Brasil é estimado em aproximadamente R\$ 800 milhões (MME, 2011). Segundo dados do Sistema Nacional de Informações do Saneamento (SNIS, 2014) a média brasileira de perda de água na distribuição é de 36,7%, sendo que em algumas capitais este índice pode chegar a 77,4%. No caso da cidade de Porto Alegre, o índice de perdas de água na distribuição é de 16,98% (DMAE, 2016). Estes dados provam que o país possui uma grande lacuna para investimentos, tanto na estruturação dos sistemas de abastecimento como na sua operação.

Porém, além de ampliar as ações de eficiência energética nos sistemas de saneamento, é importante também que o tema seja amplamente difundido em todas as esferas da sociedade, contribuindo para a formação de cidadãos preocupados com o desenvolvimento sustentável, conscientes de sua função como agentes responsáveis pelo combate ao desperdício de recursos de seu país. É imprescindível que, principalmente, jovens em sua fase de formação escolar estejam em contato com ações de combate ao desperdício de água para que, posteriormente, a partir da compreensão dos elementos envolvidos neste processo, atuem de forma a difundir este conhecimento na sua família e comunidade.

Um ponto importante neste processo é inserir, na concepção dos alunos, a relação entre água e energia elétrica nos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA). Frequentemente, em campanhas governamentais ou livros didáticos escolares, a ênfase é atribuída apenas à redução do desperdício de água. Porém, no ato de desperdiçar água, está embutido também, concomitantemente, o desperdício de energia elétrica, elemento essencial no processo de condução da água até o ponto de consumo. Esta relação, entretanto, é pouco explorada em sala de aula ao longo dos anos de formação escolar de nível médio no Brasil.

Este trabalho apresenta a metodologia utilizada pela equipe do LENHS/UFRGS na elaboração de material e apresentação de conceitos relacionados às redes de abastecimento de água e agentes de desperdício de água e, conseqüentemente, energia elétrica, a alunos de nível médio de escolas públicas da Cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. Ademais, são apresentados os resultados obtidos com esta ação e as recomendações para atividades futuras que porventura venham a ser desenvolvidas por esta equipe ou por pesquisadores de outras instituições.

2. LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E HIDRÁULICA NO SANEAMENTO (LENHS)

O LENHS, laboratório onde o projeto foi desenvolvido, foi criado por meio de parceria entre o Programa de Conservação de Energia Elétrica no Saneamento (PROCEL SANEAR) das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobras) e a UFRGS. Desde 2012, ano em que foi estabelecido, o laboratório desenvolve atividades de ensino, pesquisa e extensão relacionadas ao uso eficiente de energia e água no saneamento.

O laboratório conta com uma bancada fixa, onde são realizadas as atividades experimentais, além de possuir mais de cinquenta equipamentos móveis para medição de

diversas grandezas elétricas, mecânicas e hidráulicas, conforme pode ser observado na Figura 1.



Figura 1. Bancada Experimental Fixa do LENHS (Acervo LENHS, 2015).

Em 2015, o LENHS/UFRGS participou do Programa de Extensão Universitária (PROEXT) do governo federal, e desenvolveu atividades com universidades e companhias de saneamento com objetivo de divulgar os conceitos de abastecimento de água e eficiência hidroenergética no saneamento, a partir do qual foram obtidos resultados satisfatórios que contribuíram no anseio de que propostas semelhantes fossem desenvolvidas. Então, no ano de 2016, esta proposta de ensino foi novamente contemplada, desta vez pelo Programa Ciência na Sociedade e Ciência na Escola, da Pró-Reitoria de Pesquisa (PROPESQ/UFRGS), o que possibilitou a aplicação da metodologia apresentada no presente artigo.

3. ESCOLAS CONTEMPLADAS

Na fase de desenvolvimento das atividades apresentadas neste artigo (junho de 2016 a maio de 2017) duas escolas de nível médio foram atendidas, a saber: Escola Estadual Ensino Médio Professor Alcides Cunha e Escola Estadual de Ensino Médio Mariz e Barros, cujas características principais e dados referentes à infraestrutura e saneamento básico podem ser visualizados na Tabela 1 e 2, respectivamente.

A seleção das escolas contempladas se deu após contato com a direção e professores responsáveis pelas disciplinas das áreas de ciências da natureza. Previamente, esses foram informados acerca das atividades previstas no projeto e, assim que manifestaram interesse pela participação da escola, iniciava-se o processo de agendamento de visitas e palestras.

A partir dos dados presentes na Tabela 1, percebe-se que o número total de alunos das escolas é semelhante, cerca de 1200 a 1500 alunos no total. Os dados de infraestrutura e saneamento básico, da mesma forma, também apresentam valores e características semelhantes, conforme indica a Tabela 2. Atenta-se para o fato de que ambas as escolas possuem abastecimento de água pela rede pública. Na cidade de Porto Alegre, o

abastecimento de água e tratamento de esgoto é responsabilidade do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) e, segundo dados desse departamento, 100% da população do município é atendida com água de 8 estações de tratamento, em 3.615 km de extensão de rede distribuidora.

Tabela 1. Dados Gerais das Escolas Visitadas

	Escola Prof. Alcides Cunha	Escola Mariz e Barros
Dependência	Estadual	Estadual
Número de funcionários	80	85
Nº alunos 1º ao 5º ano	520	450
Nº alunos 6º ao 9º ano	433	468
Nº alunos Ensino Médio	519	311
Nº total de alunos	1472	1229

Fonte: Censo Escolar (INEP, 2015).

Tabela 2. Dados Gerais das Escolas Visitadas

	Escola Prof. Alcides Cunha	Escola Mariz e Barros
Computadores para uso dos alunos	17	31
Computadores para uso administrativo	10	5
Alimentação fornecida aos alunos	Sim	Sim
Água filtrada	Não	Não
Abastecimento de água	Rede pública	Rede pública
Abastecimento de energia	Rede pública	Rede pública
Destino do esgoto	Rede pública	Rede pública
Destino do lixo	Coleta periódica	Coleta periódica

Fonte: Censo Escolar (INEP, 2015).

A Tabela 3 apresenta o Índice de Desenvolvimento Básico da Educação (IDEB), para cada escola visitada, bem como a média nacional, de acordo com dados do ano de 2015 do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP/Brasil). Esse índice avalia o aprendizado dos alunos em português e matemática e é função também do chamado fluxo escolar, que indica a taxa de aprovação da escola. Conforme pode ser observado na Tabela 3, nas etapas do 1º ao 9º ano de ensino, ambas as escolas estão abaixo do índice apresentado pela média nacional.

Tabela 3. Dados Gerais das Escolas Visitadas

IDEB - Índice de Desenvolvimento da Educação Básica			
Etapa	Escola Prof. Alcides Cunha	Escola Mariz e Barros	Média nacional
1º ao 5º ano	5	4.6	5.8
6º ao 9º ano	3.1	2.6	4.2
Ensino Médio	Não informado	Não informado	3.5

Fonte: Censo Escolar (INEP, 2015).

É importante salientar que a Escola Mariz e Barros se encontra no bairro Mário Quintana e que, segundo o Atlas de Desenvolvimento Humano elaborado pela Organização das Nações

Unidas (ONU) é uma das Unidades de Desenvolvimento Humano (UDH) da cidade que apresenta pior índice de desenvolvimento, de 0,593 (PNUD, 2010). Fato que mostra a vulnerabilidade social das pessoas que lá vivem, mas também estrutural que o bairro sofre no que diz respeito à abastecimento de água e saneamento, e que reforça a importância social do projeto desenvolvido. Os itens subsequentes apresentam, de maneira detalhada, as principais atividades desenvolvidas no decorrer do projeto.

4. METODOLOGIA DE ATIVIDADES DESENVOLVIDA

Como essência principal na metodologia desenvolvida, foi identificada a necessidade que a linguagem e o material utilizados pelos ministrantes fossem simples, e que se procurasse estabelecer os conceitos fundamentais de maneira didática e clara. Nesse sentido, uma vez que os alunos sejam capazes de assimilar os conceitos abordados, poderão replicá-los sem dificuldade em seu meio familiar e social, cumprindo um dos principais objetivos do projeto. Um exemplo de material utilizado durante esta etapa do processo pode ser visualizado na Figura 2, que apresenta de forma esquemática os elementos de sistemas de saneamento básico.



Figura 2. Elementos que compõem o Saneamento Básico (Autor Desconhecido)

Para que o nível de absorção de conhecimento por parte dos alunos seja efetivo, optou-se por adotar uma atividade dividida em dois momentos, um teórico e expositivo, e outro demonstrativo e prático. Então, durante as visitas às escolas, a equipe do LENHS/UFRGS

apresentava, para professores e alunos, a proposta do projeto. Iniciavam-se as atividades teóricas, onde a equipe procurava inserir, de forma clara e didática, conceitos referentes ao saneamento básico e ao funcionamento dos sistemas de abastecimento de água, de modo abrangente a todas as etapas do processo, desde a captação de água no manancial, até estações elevatórias, adutoras, estações de tratamento de água, reservatórios e rede de distribuição.

No caso dos SAA, indica-se que as estações elevatórias são responsáveis por 90% da energia consumida pelo sistema (GOMES, 2009). Assim, como os principais conceitos referentes aos SAA já foram apresentados, procura-se introduzir as questões referentes à geração de energia elétrica, quando foram abordados, também, o funcionamento de usinas hidrelétricas, para, em seguida, atingir os conteúdos relacionados à eficiência energética no saneamento. Nesta etapa, a equipe procurava estabelecer os principais conceitos referentes às estações elevatórias, principalmente aqueles relacionados aos motores elétricos e às bombas hidráulicas.

A partir disso, foi possível analisar as principais fontes de perdas de energia no processo, desde perdas no sistema elétrico e conjunto motobomba, até as perdas hidráulicas ou aquelas devidas aos vazamentos. Um exemplo de material utilizado durante esta etapa pode ser visualizado na Figura 3.



Figura 3. Exemplo de esquema para representar a perda de energia em SAA (Banco Interamericano de Desenvolvimento, 2011).

Para desenvolver a maneira ideal de realização das atividades práticas, entendeu-se que o processo de aprendizado se tornaria mais eficiente, caso o aluno fosse estimulado a assimilar, a partir da visualização do comportamento de um SAA genérico e manuseio de equipamentos, os conceitos apresentados, previamente, durante as seções de palestras. Para isso, desenvolveu-se a ideia de construir uma bancada didática móvel onde seriam realizadas as atividades experimentais, conforme indicado na sequência.

5. BANCADA DIDÁTICA

Com o objetivo de tornar o processo de aprendizado atrativo para os alunos, construiu-se uma bancada didática de experimentos, para simular um pequeno sistema de abastecimento de água dentro da sala de aula.

No momento da concepção da bancada optou-se por utilizar materiais de baixo custo, de forma a proporcionar às escolas a possível replicação da mesma no futuro. Outro ponto de partida foi a necessidade de que os conceitos que seriam explicados nas apresentações, fossem visualizados de forma clara na atividade prática. Para isso, optou-se por um conjunto motobomba de baixo rendimento, acentuando as questões de perdas de energia, também se utilizou tubulação com diâmetro pequeno e muitas singularidades ao longo do caminho, acentuando as perdas de carga, além de espaços previstos onde seria possível utilizar equipamentos da bancada móvel do LENHS.

O primeiro passo na construção foi encontrar as dimensões ideais para que o transporte da bancada fosse prático e simples, além de uma maneira rápida de desmontá-la. Para isso, utilizaram-se tubulações com união do tipo roscável e bases desmontáveis. Em seguida, dimensionou-se o diâmetro e disposição das tubulações para que o efeito de perda de carga fosse acentuado, além dos pontos onde seriam realizadas medições de parâmetros discutidos nas apresentações teóricas. A solução final encontrada foi utilizar um circuito fechado, onde a motobomba retira água de um reservatório, escoo pelo conjunto de tubulações e retorna ao mesmo reservatório. A Figura 4 apresenta o processo da construção da referida bancada.



Figura 4. Construção da bancada didática (Acervo LENHS, 2016).

Para solução do problema de desmontagem prática e rápida, utilizaram-se duas chapas de madeira como base para as tubulações. Estas chapas estão unidas por curvas do tipo mão francesa e presas com parafusos tipo borboleta, sendo assim a desmontagem pode ser feita sem auxílio de chave ou assemelhado.

O conjunto motobomba utilizado tem rendimento de 24,1%, desta forma as perdas na conversão de energia são muito visíveis, por exemplo, na operação do motor elétrico e seu processo de aquecimento contínuo. Como reservatório foi utilizado um balde de uso comum em limpeza, acoplado a uma entrada de reservatório de PVC. As tubulações são todas de PVC com diâmetro nominal de 25 e 50, dependendo do ponto do sistema. A Figura 5 apresenta o resultado final da bancada após sua construção.



Figura 5. Resultado final da construção da bancada didática (Acervo LENHS, 2016).

6. ATIVIDADES PRÁTICAS

As atividades práticas consistem em demonstrações experimentais utilizando a bancada didática construída. Entre as principais atividades realizadas destacam-se: verificação da vazão bombeada com auxílio do medidor de vazão ultrassônico, balanço de energia qualitativo entre a entrada e saída da motobomba e verificação das perdas de carga ao longo da tubulação. Durante a atividade teórica, introduzia-se aos alunos o conceito de vazão volumétrica, destacando que todo volume de água que sairia do reservatório deveria retornar para o mesmo, portanto este valor permanece constante, independente do ponto onde o medidor seria instalado. Neste momento é possível destacar como o conceito de vazão é importante nos sistemas reais de abastecimento de água, pois avaliando o mesmo, é possível conhecer o volume de água que está se retirando de um manancial ou, até mesmo, detectar vazamentos em uma rede de distribuição. Na Figura 6 pode-se visualizar os alunos da Escola Prof. Alcides Cunha durante a atividade prática.



Figura 5. Alunos da Escola Prof. Alcides Cunha durante atividade prática (Acervo LENHS, 2016).

A apresentação do conceito de velocidade e vazão deixa espaço para introduzir o conceito de perda de carga, que para ser algo compreensível para os alunos é exposto utilizando a ideia de perda de energia. Conforme a velocidade de escoamento de um fluido aumenta, o atrito com as paredes da tubulação também aumenta, dissipando energia neste ponto e, por consequência, convertendo uma parcela da energia total do fluido em calor. Este efeito pode ser facilmente observado na bancada pelo fato da tubulação aquecer com o passar do tempo, e se torna ainda mais concreto quando os alunos podem verificar que os manômetros distribuídos ao longo da tubulação mostram valores menores conforme se aproximam do fim do circuito como, por exemplo, na saída da bomba é possível verificar 12 mca e no fim do circuito algo próximo de 0,5 mca.

Outro conceito apresentado na atividade teórica e abordado na atividade prática está relacionado a conservação de energia e relacionado com a ideia central da atividade, de que água e energia elétrica estão intimamente conectados. Como na atividade teórica já haviam sido apresentados os conceitos da primeira e segunda lei da termodinâmica de forma lúdica. Eles são reforçados com a ideia de que a energia nunca desaparece ou é destruída, mas sim convertida, e que, além disto, não existe processo 100% eficiente na conversão, ou seja, uma parcela sempre é convertida em calor, ruído ou outra forma de energia indesejada.

Na bancada didática este conceito pode ser visualizado em uma análise na motobomba, onde é apresentada sua potência elétrica de 700 W, porém, devido às "perdas de energia" no processo de conversão de energia elétrica para energia mecânica, a potência disponível no rotor da bomba é 50% menor que a potência elétrica. Ou seja, esta bomba é pouco eficiente, pelo fato de aquecer muito, fenômeno verificado simplesmente encostando-se à mesma e utilizando uma câmera termográfica.



Figura 6. Alunos durante atividade prática utilizando a câmera termográfica para verificar o aquecimento do motor (Acervo LENHS, 2016).

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A proposta didática e a metodologia adotadas neste projeto se mostraram adequadas para a transmissão dos conceitos propostos. Tendo em vista que os métodos tradicionais de ensino

estão cada vez mais desgastados, em uma época em que os jovens estudantes possuem vasto acesso à informação e anseiam por dinamismo nas atividades escolares. Portanto, ao apresentar de forma não tradicional conceitos tão importantes na formação escolar e na vida em sociedade, que estão compreendidos desde as ciências humanas, até as ciências exatas e da natureza, é possível transpor as barreiras na percepção dos alunos sobre o tema. Além disso, a atividade propõe o questionamento e a reflexão de como o conhecimento está sendo transmitido em todos os níveis de formação.

O processo de criar nos alunos a consciência da importância do debate sobre desperdício de água também é necessário, porém, ele é uma consequência das atividades realizadas. Pelo fato, de que ao entender como todo sistema é composto e sua complexidade de operação, o aluno identifica que o ato de desperdiçar água é prejudicar o meio ambiente, mas também desperdiçar de forma indireta energia elétrica e recursos financeiros que poderiam ser investidos em outras áreas necessárias. Desta forma, de maneira inicial, a consciência de que todos são agentes disseminadores de ações que levam ao desenvolvimento de cidades e bairros de forma sustentável é criada nos alunos e isto, sem dúvida, é um grande começo para construirmos um mundo melhor.

Para quantificar os resultados obtidos com o desenvolvimento deste projeto, indica-se que, entre o período de junho de 2016 a maio de 2017, participaram das atividades 206 alunos de 10 turmas de Ensino Médio das duas Escolas contempladas. Além disso, duas bancadas para uso didático foram construídas, estabelecendo-se parceria com, no total, 6 instituições de ensino.

Os resultados obtidos nas atividades desenvolvidas até o momento levaram a equipe a ser contemplada novamente, para o período de junho de 2017 a maio de 2018, pelo Programa Ciência na Sociedade e Ciência na Escola (PROPESQ/UFRGS). Nesse período, novas ações serão implementadas, de modo a aprimorar as atividades e estabelecer critérios de avaliação das metodologias utilizadas.

De forma qualitativa é possível verificar que a metodologia teve êxito e grande aceitação entre professores e alunos, porém, sugere-se que sejam utilizados instrumentos de avaliação, antes, durante e após os debates, palestras e atividades práticas, de modo a identificar a compreensão das dificuldades dos estudantes e também avaliar se os conceitos foram assimilados no decorrer do processo. Esta avaliação irá possibilitar a validação desta metodologia de ensino.

Ademais, indica-se que, durante as próximas etapas de realização do projeto, sejam elaborados manuais didáticos aos professores de nível médio, com o intuito de estabelecer, de maneira clara e consistente, a forma como bancadas didáticas semelhantes àquelas utilizadas neste projeto podem ser construídas, principalmente com uso de materiais alternativos, de baixo custo e de fácil obtenção. Dessa forma, os conceitos e a metodologia desta proposta poderão ser replicados não somente nas escolas já visitadas, como também em instituições de ensino que considerarem este processo válido.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às instituições e empresas que contribuíram com apoio financeiro parcial para realização da pesquisa relacionada ao presente artigo, sendo eles a Pró-

Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PROPESQ/UFRGS), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/Brasil), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/Brasil), a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP/Brasil), a Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobras), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS/Brasil), Furnas Centrais Elétricas S.A. e o Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Interamericano de Desenvolvimento (2017). <http://www.iadb.org/pt/banco-interamericano-de-desenvolvimento,2837.html> (Acessado em 23 de Maio de 2017).

DMAE, Departamento Municipal de Água e Esgoto (2016). http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=175 (Acessado em 5 de Junho de 2017).

GOMES, H. P. (2009). Sistemas de abastecimento de água: Dimensionamento econômico e operação de redes e elevatórias. 3. ed. Editora Universitária UFPB. João Pessoa.

INEP, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (2015). <http://portal.inep.gov.br/web/guest/inicio> (Acessado em 30 de Maio de 2017).

MME, Ministério de Minas e Energia. (2011). Plano Nacional de Eficiência Energética. Premissas e Diretrizes Básicas. Brasil.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil. (2010). <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/> (Acessado em 3 de Junho de 2017).

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. (2014). Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2013. Brasília: s.n..