

I-063 – PESQUISA COMPARATIVA ENTRE PHMETRO ALTERNATIVO E PHMETRO DE BANCADA CONVENCIONAL PARA ANÁLISES LABORATÓRIAS ENVOLVENDO ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Adriel Brito da Silva ⁽¹⁾

Graduando em Engenharia de Controle e Automação pelo Instituto Federal do Pará – IFPA. Integrante do Núcleo de Pesquisa em Saneamento Ambiental – IFPA.

Vanessa Souza Álvares de Mello

Professora do Instituto Federal do Pará – IFPA/Campus Belém, Engenheira Sanitarista (UFPA); Mestre em Engenharia Civil (UFPA). Pesquisadora e Orientadora do Núcleo de Pesquisa em Saneamento Ambiental – IFPA.

Flávia Augusta Miranda Lisboa

Professora do Instituto Federal do Pará – IFPA/Campus Abaetetuba, Engenheira Sanitarista (UFPA); Mestre em Engenharia do Ambiente (UTAD). Pesquisadora e Coorientadora do Núcleo de Pesquisa em Saneamento Ambiental – IFPA.

Aminadab Ribeiro da Silva

Graduanda em Engenharia de Controle e Automação pelo Instituto Federal do Pará – IFPA. Integrante do Núcleo de Pesquisa em Saneamento Ambiental – IFPA.

Lillian Santos da Silva

Graduanda em Engenharia de Controle e Automação pelo Instituto Federal do Pará – IFPA. Integrante do Núcleo de Pesquisa em Saneamento Ambiental – IFPA.

Endereço⁽¹⁾: Rodovia Augusto Montenegro, Res. Bosque Felicidade, Rua C – nº 102, Belém-PA, Brasil. CEP: 66.640-562. Tel: (91) 98150-3389; e-mail: adrielbritto15@gmail.com

RESUMO

Dentre os parâmetros de qualidade da água para consumo humano previstas na Portaria MS 2.914/11 estão o potencial hidrogeniônico (pH) e a temperatura, ambos importantíssimos para a caracterização dessa água. Nesse sentido este estudo objetivou analisar o teor de pH e de temperatura da água dos bebedouros distribuídos dentro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA/Campus Belém, a partir da utilização de um pHmetro alternativo construído com o microcontrolador Arduino Mega 2560 R3 e de um pHmetro de bancada modelo Tecpon mPA 210 para comparação do funcionamento, desempenho e custo desses equipamentos. O modelo alternativo proposto apresentou um excelente custo benefício se comparado ao modelo convencional, pois o custo de montagem deste equipamento representou aproximadamente 15% do valor de um equipamento convencional. Em relação ao desempenho, ambos apresentaram desempenhos similares. Os resultados das análises realizadas indicam que os parâmetros pH e temperatura nos bebedouros apresentaram valores médios respectivamente de 6,5 e 25 °C estando de acordo com o que prevê a legislação brasileira.

PALAVRAS-CHAVE: pHmetros, Instrumentação laboratorial, Consumo de água.

INTRODUÇÃO

Na sociedade o homem convive em diversos espaços dentre eles o ambiente escolar, na qual uma grande parcela permanece na maior parte do dia estudando ou trabalhando, tendo como a atividade inevitável para a manutenção dessas ações humanas o consumo de água. À vista disso, a responsabilidade de qualidade da água adequada para o consumo das pessoas em escolas e universidades não está ligada apenas as autoridades sanitárias das instâncias governamentais, mas conjunto a responsabilidade de quem distribui devendo garantir a oferta de água em quantidade e qualidade de modo a assegurar o consumo sem riscos à saúde da população atendida por esse serviço, como garantir a higiene e o desenvolvimento de atividades econômicas das comunidades.

Nesse sentido, para a garantia da qualidade da água fornecida aos alunos, o monitoramento por meio de

análises físico-químicas torna-se necessário.

Segundo Cruz e Resende (2009), a qualidade da água para consumo em estabelecimentos de educação deve ser tratada e analisada baseando-se em referências avaliativas para padrões de consumo e confiabilidade desses serviços.

De forma a regulamentar a oferta de para consumo humano no Brasil, está em vigor a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, que rege os procedimentos de controle e vigilância sanitária da qualidade da água, assim como estabelece os padrões de potabilidade para consumo humano.

Neste Contexto, este estudo objetivou analisar o valor de pH e de temperatura da água dos bebedouros distribuídos dentro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA/Campus Belém, a partir da utilização de um pHmetro alternativo construído com o microcontrolador Arduino Mega 2560 R3 e de um pHmetro de bancada modelo Tecpon mPA 210 para comparação do funcionamento, desempenho e custo desses equipamentos.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de água analisadas foram coletadas no turno matutino, em frascos devidamente higienizados e armazenados em recipiente apropriado para a conservação das amostras. Para iniciar o procedimento as torneiras dos bebedouros foram esterilizadas com Álcool 70% de forma que as impurezas fossem eliminadas, posteriormente se permitiu a água escoar por cerca de 2 minutos. Após o procedimento conduziu-se as amostras ao Laboratório de Análise Físico-química de Água e Esgoto I, no IFPA.

Para a precisão dos resultados é importante que a etapa da coleta dependa da real situação tornando essencial a conservação do material para se ter resultados confiáveis (MTCAA, 2009). Desta forma, para a análise correta, buscou-se coletar 200 ml de água para amostra mínima em cada frascueta. O material foi transportado em uma bolsa térmica para a preservação e sem agitar o recipiente, e foram abertos apenas no momento de retirada da amostra para a colocação em *becker* para não haver contaminação com meios externos.

Inicialmente, o pHmetro utilizado para medir o potencial hidrogênioico consiste em um sensor analógico com elétrodo da *Sindax* acoplado a uma placa eletrônica microprocessada ligada a um circuito independente, como pode ser visto na Figura 1:



Figura 1 - Sensor de pH Sindax SEN0161 – Sonda e placa de circuito eletrônico ligadas ao circuito prático e a um computador portátil.
Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

O sensor sonda de pHmetro foi ligado ao microcontrolador Arduino Mega 2560 R3 e condicionado a um circuito independente utilizando os componentes eletrônicos de forma que o sinal fosse reconicionado, desta forma, integrando a placa do módulo que conecta o microcontrolador ao sensor de pH a outros componentes eletrônicos agregados para a construção do sistema, como é a utilização dos reguladores de tensão LM358 da *Texas Instruments*, que são componentes utilizados para regularizar as fontes de alimentação, suportando correntes elétricas de até 1,5 A e com tensão entre 1,2 V a 37 V.

Além de gerar uma proteção contra sobrecargas. O circuito também exige a utilização de resistores de 1 k Ω , 10 k Ω , 20 k Ω , resistências variantes, capacitores de cerâmica de 100 nF e drives de regulação TC4502BP da *Toshiba*. Ligado juntamente a um sensor de temperatura DS18B20 com um resistor de 4,7 k Ω de pull-up para que o sensor seja detectado pelo programa e assim verificar os parâmetros de temperatura.

O equipamento de bancada modelo Tecpon mPA 210 utilizado para o estudo comparativo realiza medições de pH/mV e temperatura. Contém um display que fornece mensagens e que guiam o usuário para manuseio da máquina. Mostra simultaneamente o pH e a temperatura. O aparelho trabalha na faixa de -2,00 a 20,00 unidades, com resolução de 0,01, exatidão de $\pm 0,01$ e incerteza de $\pm 0,01$. É necessário realização de calibração com tampão de pH 7,00 e, em seguida, calibrado com o tampão de pH 4,00. A alimentação do sensor pode ser de 110/220 Vac.



Figura 2 - Modelo pHmetro de bancada para soluções aquosas Tecpon mPA 210 utilizado na pesquisa comparativa de desempenho.

Fonte: Google Inc – Pesquisa realizada nas imagens do site Google – Marca Médica Ltda (2017).

ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DO PHMETRO ALTERNATIVO

O modelo arquitetado para uso na pesquisa é remoto e depende de um computador portátil como pode ser visualizado no circuito prático exibido na Figura 1. Contudo, pode-se fazer a verificação entre os valores nominais informados por meio da milivoltagem, conforme determinação do pHmetro alternativo.

O valor obtido no sensor alternativo é medido pelo eletrodo acoplado ao sistema de medida, fazendo com que o sensor detecte íons de H⁺ e gere uma tensão proporcional ao meio ácido ou alcalino, conforme concentração da solução. Tem o intervalo de medição que varia de 0 a 14, conforme valores padrões para teste de pH em solução. Desta forma, é possível mensurar o valor do pH encontrado nas amostras, como é possível conferir a seguir nos valores de saída do eletrodo do sensor que é lida em Milivolts e o valor do pH é mostrado conforme relação na Tabela 1.

Tabela 1: Tabela referente aos valores de pH segundo a voltagem obtida pela sensor.

Soluções Ácidas		Soluções Alcalinas	
Voltagem (mV)	Valor do pH	Voltagem (mV)	Valor do pH
414,12	0,00	- 414,12	14,00
354,96	1,00	- 354,96	13,00
295,80	2,00	- 295,80	12,00
236,64	3,00	- 236,64	11,00
177,48	4,00	- 177,48	10,00
118,32	5,00	- 118,32	9,00
59,16	6,00	- 59,16	8,00
0,00*	7,00	0,00*	7,00

*Soluções com pH = 7,00 são lidas como soluções neutras.

Fonte: Datasheet SEN0161 (2017).

Conforme as tensões de operação e especificações do datasheet do sensor SEN0161 foi possível identificar o pH das amostras de água dos bebedouros. Os resultados foram lidos por meio do serial monitor do software Arduino.cc para o dispositivo usando o IDE, de modo a verificar se o programa está operando da forma esperada, e assim detectar e eliminar erros de programação, efetuando o envio e o recebimento de dados, gerando comunicação do sistema de medida com o computador.

As informações captadas pelo software de leitura do microprocessador utilizado foram disponibilizadas no display do aparelho, padrões estabelecido por metrologia conforme Figura 3.

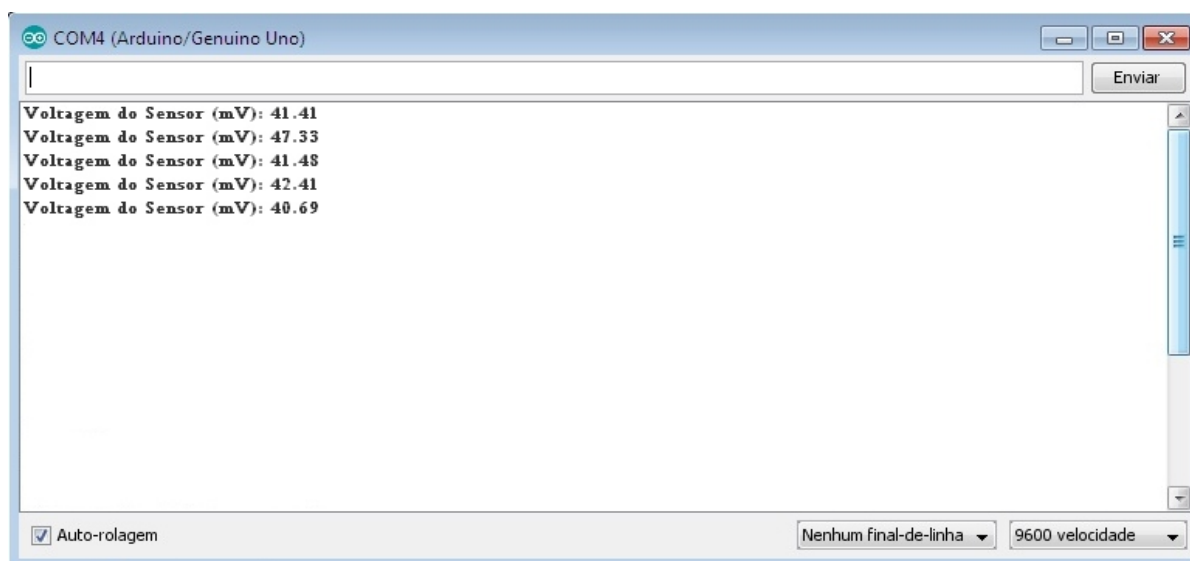


Figura 3 - Captura de tela das medições realizadas pela aplicação no software Arduino.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Neste exemplo pode-se observar as medições realizadas na primeira amostra, do bebedouro do Bloco E – Térreo, no IFPA. Com isso, em intervalos de tempo de 5 segundos, captou-se os valores 41,41 mV, 47,33 mV, 41,48 mV, 42,41 mV, 40,69 mV. Analisando-os é possível dizer que o pH varia entre $7,00 < \text{pH} \leq 6,00$, sendo aproximadamente 6,2 unidades, visto que a Tabela 1 descreve que 59,16 mV equivale a pH igual a 6,00 unidades e 0,00 mV equivale a pH igual a 7,00 unidades, respectivamente, e temperatura média 26,8 °C. Na análise realizada pelo aparelho de bancada modelo Tecpon mPA 210, a água coletada para a amostra realizada no mesmo bebedouro e apresentou o resultado de pH de 6,32 e temperatura média 26,7 °C.

ANÁLISE LABORATORIAL

Foram verificados os valores de pH por meio do equipamento alternativo e, posteriormente, no equipamento convencional. No primeiro, a sonda do sensor de pHmetro ligado ao microcontrolador Arduino Mega 2560 R3 foi lavada com água destilada, assim como o eletrodo do pHmetro de bancada e, em seguida, ambos foram calibrados, para depois realizar a medição dos parâmetros na água coletada nos bebedouros.

Desse modo, através das análises conseguiu-se extrair resultados comparativos e construir uma tabela com os valores dos dois aparelhos, conforme podem ser observados na Tabela 2:

Tabela 2: Resultado do pH e da temperatura medidos nas amostras dos bebedouros do IFPA.

BEBEDOURO*	pH (-)		Temperatura (°C)	
	Alternativo	Bancada	Alternativo	Bancada
Bebedouro da Biblioteca Central 1A	6,4	6,45	24,8	24,5
Bebedouro da Biblioteca Central 1B	6,4	6,47	24,8	24,4
Bebedouro da Biblioteca Central 2A	6,4	6,50	24,9	23,5
Bebedouro da Biblioteca Central 2B	6,3	6,48	24,8	24,2
Bebedouro da Biblioteca Central 3A	6,3	6,51	25,2	25,0
Bebedouro da Biblioteca Central 3B	6,4	6,49	25,5	25,2
Bebedouro Bloco C	6,7	6,82	24,8	25,6
Bebedouro Bloco E – Térreo	6,2	6,32	26,8	26,7
Bebedouro Bloco U 1A	6,7	6,89	20,7	21,2
Bebedouro Bloco U 1B	6,7	6,89	20,6	20,7
Bebedouro Bloco U 2A	6,6	6,88	20,5	20,7
Bebedouro Bloco U 2B	6,7	6,87	20,6	20,5

*Sigla A (alta) e B (baixa) denominadas para as torneiras dos bebedouros.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Observou-se que as amostras aferidas por ambos os equipamentos apresentaram leve discrepância ao valor neutro de pH, configurando nível de acidez muito fraca para padrões de potabilidade e temperatura média. Conforme a Portaria MS 2914/11 a água para consumo humano deve ter a temperatura agradável conforme a época sazonal, sendo um parâmetro importante para determinar a velocidade das reações químicas existentes. Alterações na temperatura da água podem contribuir para o aparecimento de microorganismos. Já o pH baixo (acidez) aumenta a dissolução dos metais das tubulações, válvulas e equipamentos metálicos, ocasionando corrosão nas tubulações dos sistemas de abastecimento de água, também propicia a dissolução de acessórios metálicos podendo alterar o sabor da água original. Quando este parâmetro apresenta um valor alto (alcalinidade) pode acarretar incrustações nas tubulações, bem como podendo também alterar o sabor.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS EQUIPAMENTOS

Na análise técnica comparativa realizada nos equipamentos uma pequena diferença nos resultados foi observada, em relação ao sensor sonda de pHmetro ligado ao microcontrolador Arduino Mega 2560 R3 ao pHmetro convencional de bancada modelo Tecpon mPA 210, uma vez que os resultados das medições mostraram que os valores se encontravam próximos aos informados, entretanto entre os dois modelos observou-se a imprecisão relativa de $\pm 0,10$ por parte do modelo alternativo em relação ao convencional.

Os equipamentos estudados apresentaram desempenhos similares, no entanto, somente essa característica não é suficiente para a indicação da viabilidade do aparelho alternativo para análise do parâmetro pH e temperatura da água para consumo humano. Foi necessária também a análise de custo para montagem deste aparelho de modo que fosse possível identificar também a melhor relação custo/benefício em comparação ao modelo convencional de bancada.

Nesse contexto, o custo para a construção do pHmetro alternativo encontra-se descrito nas Tabelas 3 e 4:

Tabela 3: Orçamento dos componentes utilizados para a construção do pHmetro alternativo.

Componente	Preço (R\$)	Quantidade
Placa Arduino Mega 2560 R3	92,90	1
Sensor pH	73,75	1
Sensor Temperatura DS18B20	22,90	1
TC4502BP	3,00	2
LM358	2,00	4
Potenciômetro	2,40	2
Resistor 1 k ohm	0,20	4
Resistor 4,7 k ohm	0,20	1
Resistor 10 k ohm	0,20	15
Resistor 20 k ohm	0,20	1
Diodo Zener	0,92	1
Capacitor cerâmico 100 uF (104)	0,20	5
Display LCD	16,90	1
Protoboard	14,90	2
Total:	R\$ 263,17	

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Tabela 4: Valor de mercado de sensor de pH modelo Tecpon mPA 210.

Marca	Modelo	Preço (R\$)
Tecpon mPA 210	Portátil	393,56 a 1.035,00
Tecpon mPA 210	Bancada	1.118,11 a 1.800,00

Fonte: Google Inc – Pesquisas realizadas no site Google (2017).

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a utilização de circuitos automatizados através desses artifícios não desqualifica outras técnicas e nem tampouco subtrai o uso dos aparelhos convencionais de bancada, entretanto possibilita novas alternativas as técnicas laboratoriais de análise de água e outros fluídos, tendo em vista a eficiência e o custo de 15% mais barato comparado ao modelo convencional.

Em relação as análises da água oferecida pelos aparelhos da Instituição é importante destacar que para a aptidão da mesma para o consumo humano é preciso realizar análises microbiológicas. Entretanto, para os aspectos físico-químicos analisados pelos equipamentos aqui discutidos foram configurados aspectos satisfatórios para parte dos bebedouros que não apresentaram teores elevado ou abaixo dos padrões permitidos por legislação tanto para os parâmetros de pH em torno de 6,5 quanto para temperatura média de 25 °C, características que não monitoradas acarretam riscos à saúde dessa população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARDUINO. UNO e MEGA. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 12 de Out de 2016.
2. BRUNO, R. Pesquisa em Instrumentação Eletrônica Microprocessada para a Medida de Parâmetros Físicos e Químicos da Água. São Carlos. 1997. Dissertação de Mestrado - Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo, 1997.
3. CRUZ, J. B. F, CRUZ, A. M. S, RESENDE, A., Análise Microbiológica da Água consumida em Estabelecimento da Educação Infantil da Rede Pública do Gama, DF. SaBios: Rev. Saúde e Biol., v. 4, n. 1, p. 21-23, jan./jun. 2009.
4. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro 2011. Procedimentos de Controle e de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 de dez. 2011. Seção 1, p 39-46.
5. MTCAA, Manual Técnico para Coleta de Amostras de Água, Florianópolis, SC, 2009.
6. SERAGUCI, V. G., Sonda de Monitoramento da Qualidade de Água: Módulos de medida de pH, Oxigênio Dissolvido e Interfaceamento I2C com Microcontrolador. São Carlos – SP/2009.
7. PEARSON, C., BERVIAN, E.S. Metodologia Científica, 6ª edição.