

USO DE HARDWARE DE *DESIGN* LIVRE PARA MONITORAMENTO DE NÍVEIS DE AMÔNIA
EM AQUAPONIA: RESULTADOS PRELIMINARES DE VALIDAÇÃO

Joni Gund
Universidade Federal do Paraná – Setor
Palotina.
Cascavel-PR/Brasil
jonigund1@gmail.com

Marcos Antonio Schreiner
Universidade Federal do Paraná – Setor
Palotina.
Palotina-PR/Brasil
marcosantonio@ufpr.br

Lilian Dena dos Santos
Universidade Federal do Paraná – Setor
Palotina.
Palotina-PR/Brasil
liliandena@gmail.com

Abstract - This study aimed to evaluate and validate a methodology for results of indirect ammonia concentration in aquaponic fish farming water through use of sensors, software and hardware based on the Arduino platform. The partial results point to the hypothesis that there is a positive correlation of de collected data and similarity in the construction of polynomial regression curves for the two variables analyzed, however, more information and more studies are needed to be able to say that the proposed methodology is reliable.

Key words – Aquaponics; Ammonia; Arduino.

Resumo - Este trabalho teve como objetivo avaliar e validar uma metodologia para obtenção indireta de concentração de amônia em aquaponia com o uso de sensores, software, e hardware baseados na plataforma Arduino. Os resultados parciais apontam para a hipótese de que existe uma correlação positiva dos dados coletados e similaridade na construção das curvas de regressão polinomial para as duas variáveis analisadas, porém, mais informações e mais estudos são necessários para poder afirmar que a metodologia proposta é confiável.

Palavras-chave—Aquaponia; Amônia; Arduino.

I. INTRODUÇÃO

Sistemas produtivos de alto desempenho tem por um lado o incremento nos indicadores de produtividade, por outro surgem as demandas resultantes pelos impactos ambientais que esse desenvolvimento traz. Recursos, tecnologia e conhecimento precisam chegar à ponta, ao início da cadeia, de modo que agreguem valor ao processo produtivo e proporcionem senão a eliminação, a mitigação dos impactos ambientais. A aquaponia, que é um meio de produção agroecológica que agrega as atividades aquícolas e hidropônicas de maneira sinérgica e promove o reúso da água, assume papel de promotora da produção sustentável, da segurança alimentar e nutricional, assim como, da conservação dos recursos hídricos [1].

Embora apresente várias vantagens comparativas com relação aos métodos tradicionais de produção de organismos aquáticos em sistemas de recirculação, ainda é preciso envidar esforços para superar vários gargalos tecnológicos relacionados à implantação e funcionamento dos sistemas de aquaponia [2]. Tais gargalos estão relacionados ao monitoramento constante e mão de obra qualificada, onde imprecisões e tempo incorreto de tomada de decisões podem acarretar prejuízos e até a inviabilidade da operação desses sistemas intensivos.

Deste modo, a tecnologia vem sendo cada vez mais incorporada para auxiliar nas atividades do campo, uma

dessas aplicações de tecnologia na agricultura é a utilização de sensores para monitoramento de plantações. Um possível caminho para realizar esse sensoriamento é a plataforma de prototipagem Arduino, que oferece os mais diversos tipos de sensores, visando essa finalidade [3]. O Arduino é uma placa de circuito microcontrolador para desenvolvimento de protótipos eletrônicos, que permite a gravação de um conjunto de instruções através de uma linguagem de programação [4].

Nesse contexto, por meio desse trabalho pretende-se automatizar o processo de determinação das concentrações de amônia não ionizada (NH_3) que pode se tornar tóxica em sistema intensivo de criação de peixes, por meio do desenvolvimento de equipamento e software de baixo custo. Este equipamento em conjunto com seu software permitirá a geração de um banco de dados com as leituras para posterior análise dos dados coletados e sugestão das medidas preventivas ou corretivas a serem adotadas e por fim, permitirá validar a metodologia através de análises comparativas.

II. REVISÃO TEÓRICA

Na aquicultura temos uma variedade de sistemas de produção, mas via de regra são sistemas intensivos, e um desses sistemas é a aquaponia. A palavra “aquaponia” é derivada da combinação entre “aquicultura” (produção de organismos aquáticos) e “hidroponia” (produção de plantas sem solo) e refere-se à integração entre a criação de organismos aquáticos, principalmente peixes, e o cultivo de vegetais hidropônicos [5].

O sistema produtivo adotado poderá gerar maiores ou menores interferências ambientais, conforme sua concepção. Os resíduos gerados na criação, constituídos por alimentos não ingeridos e produtos do metabolismo dos peixes, liberados no ambiente aquático, aumentam principalmente a concentração de nitrogênio e de fósforo na água [6]. Dentre os compostos nitrogenados presentes na água, encontra-se a amônia, quando sua concentração aumenta, a excreção deste metabólito nos organismos aquáticos diminui. Por conseguinte, há um aumento na concentração interna de amônia total, que excede as concentrações toleradas pelos organismos aquáticos e pode levar à mortalidade [7].

Valores de amônia não ionizada acima de 0,20 mg/L já são suficientes para induzir toxicidade crônica e levar à diminuição do crescimento e da tolerância dos peixes a doenças [8]. Existem testes “rápidos” que utilizam uma

sequência de reagentes e a utilização de tabelas e gráficos para determinar de forma aproximada os valores de amônia.

Outra proposta para obtenção dos valores para amônia (NH₃) não ionizada considerada tóxica, é por porcentagem sobre Nitrogênio Amoniacal Total (NAT) em função da temperatura e pH da água, permitindo a obtenção dos valores para NH₃ de forma indireta[9] (Tabela 1). De qualquer forma, é necessário a tomada de leitura de parâmetros. Uma solução possível para realizar esse sensoriamento é a plataforma de prototipagem Arduino.

Tabela 1 – Porcentagem de amônia (NH₃) do nitrogênio amoniacal total presente em solução aquosa, em função da temperatura e do pH [9].

pH	Temperatura °C									
	16,00	18,00	20,00	22,00	24,00	26,00	28,00	30,00	32,00	
7.0	0,30	0,34	0,40	0,46	0,52	0,60	0,70	0,81	0,95	
7.2	0,47	0,54	0,63	0,72	0,82	0,95	1,10	1,27	1,50	
7.4	0,74	0,86	0,99	1,14	1,30	1,50	1,73	2,00	2,36	
7.6	1,17	1,35	1,56	1,79	2,05	2,35	2,72	3,13	3,69	
7.8	1,84	2,12	2,45	2,80	3,21	3,68	4,24	4,88	5,72	
8.0	2,88	3,32	3,83	4,37	4,99	5,71	6,55	7,52	8,77	
8.2	4,49	5,16	5,94	6,78	7,68	8,75	10,00	11,41	13,22	
8.4	6,93	7,94	9,09	10,30	11,65	13,20	14,98	16,96	19,46	
8.6	10,56	12,03	13,68	15,40	17,28	19,42	21,83	24,45	27,68	
8.8	15,76	17,82	20,08	22,38	24,88	27,64	30,68	33,90	37,76	
9.0	22,87	25,57	28,47	31,37	32,42	37,71	41,23	44,84	49,02	
9.2	31,97	35,25	38,69	42,01	45,41	48,96	52,65	56,30	60,38	
9.4	42,68	46,32	50,00	53,45	56,86	60,33	63,79	67,12	70,72	
9.6	54,14	57,77	61,31	64,54	67,63	70,67	73,63	76,39	79,29	
9.8	65,17	68,43	71,53	74,25	76,81	79,25	81,57	83,68	85,85	
10.0	74,78	77,46	79,92	82,05	84,00	85,82	87,52	89,05	90,58	
10.2	82,45	84,48	86,32	87,87	89,27	90,56	91,75	92,80	93,84	

Devido ao baixo custo da plataforma, este projeto pode atender produtores de pequeno, médio e grande porte [3]. Trata-se de uma pequena placa que possui um microcontrolador que pode ser programado através de *softwares* de código aberto. Possui entradas digitais e analógicas que recebem sinais de diversos sensores e suas saídas podem enviar sinais para diversos componentes eletrônicos. O C usado no Arduino contém um subconjunto de comandos da linguagem C, porém não deve ser menosprezado, pois realiza a maioria das tarefas que o usuário necessitar e as demais características ausentes podem ser facilmente contornadas[3].

II. METODOLGIA

A experimentação está sendo realizada em condições de campo em um sistema de aquaponia de cunho privado não comercial na cidade de Cascavel-PR. A espécie de peixes cultivada é a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase juvenil, em densidade de 30 indivíduos por m³, pesando em média 83 gramas e medindo 13 cm em média. Os cultivos vegetais das camas de cultivo são compostos de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Nasturtium officinale*). O protocolo alimentar adotado considera o peso vivo médio e a temperatura ambiente para determinar o volume de ração a ser administrado [10]. As variáveis isoladas a serem trabalhadas foram: pH da água do sistema de cultivo; temperatura da água do sistema de cultivo; temperatura do ar do local das amostragens; concentração de amônia na água do sistema. Apesar dos dados ainda estarem em fase de coleta, os resultados dos dados preliminares foram submetidos a análises estatísticas de variância,

normalidade; correlação R²; testes de tendências, qui quadrado e teste t a 5%.

Os níveis de amônia (NH₃) na água do sistema são obtidos a partir da seguinte sequência:

1 – Determinação da concentração da amônia através do método de kit rápido, seguindo orientação fornecido com o kit do fabricante LabconTest, com os seguintes reagentes: fenol nitroprussiato de sódio, hidróxido de sódio, hipoclorito de sódio em diluição com álcool isopropílico e água destilada. A coleta das amostras é feita no início e no final do dia antes do arraçoamento durante 30 dias, mantendo-se os mesmos horários;

2 – Determinação da concentração da amônia pelo equipamento protótipo em avaliação, que fará as leituras de pH e temperatura da água do sistema de cultivo a cada 5 minutos sendo necessário o tempo de 1 minuto de estabilização das sondas a cada leitura. Com os dados da leitura, o software fará os cálculos de interpolação das concentrações da Tabela 1[10], utilizando-se como fator de multiplicação o resultado obtido pelo roteiro proposto por Queiroz[10], onde,

Fator multiplicador=(Nb = (m * Nmédio))-(Na=(m * f * Nr))

Nb: N incorporado pela biomassa dos peixes; m: massa biológica na despesca; Na: N incorporado pelo arraçoamento; f: fator de conversão alimentar média; Nr: percentual de N na ração;

3 - As contraprovas são coletadas uma vez por semana e encaminhadas a um laboratório credenciado para determinação da amônia na água do sistema pelo método PE FQ 116.

O *hardware* (Imagem 1) necessário para a obtenção das leituras constitui-se de uma placa de desenvolvido Arduino Uno por atender todos os requisitos de capacidade de armazenamento de *software* e conexões para este estudo. A calibração do sensor de temperatura da água, (DS18B20), é feita pela biblioteca específica “DallasTemperature” que é importada para dentro do *sketch* (código) que posteriormente é gravado no Arduino. O sensor de pH (4502c BNC) é composto pelo módulo de leitura e pela sonda, e opera em uma faixa de trabalho que varia de 0 a 5 volts, e que é convertido para a faixa equivalente de 0 a 14 na escala de pH.

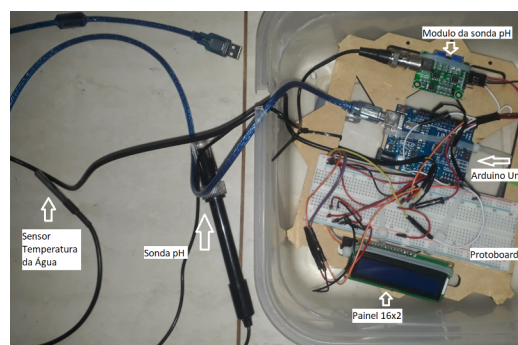


Imagem 1 – Equipamento montado.

O gerenciamento do equipamento é feito pela edição de um bloco de códigos da própria plataforma Arduino. Paralelamente ocorre a coleta dos dados e monitoramento das leituras que utilizam código elaborado na linguagem Python3, sendo que para o tratamento dos dados utilizou a biblioteca *Pandas* e *Scypy*, o armazenamento dos dados utiliza *MySQL* como banco de dados local e *Firestore* como duplicata online. A possibilidade de falha na transmissão dos dados ou problemas com o hardware foram minimizadas por inspeções diárias com esse objetivo.

IV. RESULTADOS PRELIMINARES

O segmento de dados analisados nessa fase compreende o período de 28/08/2022 a 02/09/2022, com 12 coletas coincidentes entre os dois tratamentos analisados até agora durante esses 6 dias, sendo, as leituras pelo método dos reagentes (kit) o tratamento 1 e as leituras do sistema protótipo o tratamento 2.

Para cálculo dos valores de NH_3 pelo método do sistema proposto foi obtida interpolação tripla para os dados apresentados na Tabela 1, aplicando-se o fator obtido pelo roteiro da segunda etapa de coleta, representados na Figura 1.

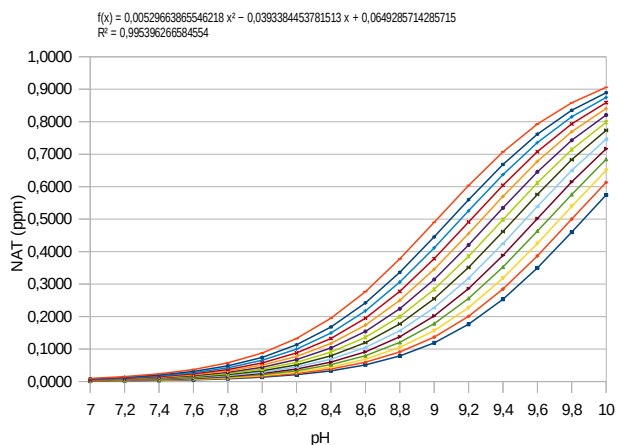


Figura 1 – Distribuição dos valores de amônia não ionizada em função de diferentes faixas de temperatura e pH da água.

Quanto ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, o Método dos Reagentes do kit (MR) apresentou valor para p de 0,002953, bem abaixo de 0,05 do grau de confiança, não tendo representação sinótica para esse conjunto. Os dados obtidos pelo Método do Protótipo (MP) apresentaram valor para p de 0,1055, acima de 0,05 do grau de confiança, conferindo a esse agrupamento distribuição normal. Nesse caso é recomendável a aplicação do teste de Spearman, uma vez que não há distribuição normal para os dois tratamentos.

O resultado para o teste de Correlação de Spearman foi de 0,61, demonstrando moderada correlação positiva entre os tratamentos. Na Figura 2 temos a representação gráfica das distribuições temporais das leituras dos dois tratamentos.

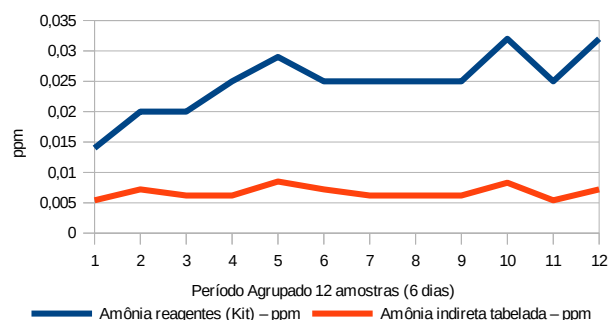


Figura 2 - Curvas de leitura de amônia pelos métodos de reagentes (kit) e leitura indireta pelo protótipo.

Para o teste de Qui quadrado, o resultado parcial aponta para correlação positiva entre o comportamento dos tratamentos, tendendo ao mesmo comportamento sem, no entanto, apresentar relação de causa entre os tratamentos, como descrito na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados para teste de Qui Quadrado para leituras de amônia pelo método colorimétrico e pelo método proposto no período.

Teste Qui Quadrado:	
Eventos: 12	Graus de liberdade: $K-1 = 2-1 = 1$
Tabelado	Calculado
1,386	0,16
como calculado é menor que tabelado, temos que,	
$H_0 \rightarrow$	1 – Hipótese de igualdade aceita
$H_1 \rightarrow$	0 – Hipótese de desigualdade rejeitada

Quando submetidos ao teste t pareado, os resultados apontam para hipótese de correlação moderada positivamente proporcional, com correlação de Pearson em 0,6413 e t de referência em 13,89, t crítico em 1,79 e P com significância bastante expressiva para negativa da igualdade dos tratamentos como demonstrado na Tabela 3, confirmando a hipótese de comportamento similar, porém, com resultados em diferentes faixas de valores.

Tabela 3 – Teste t para leituras de amônia pelo método colorimétrico e pelo método proposto no período.

Teste-t pareado		
Alfa	0,05	
Média	Tratamento 1	Tratamento 2
Média	0,02475000	0,00668333
Variância	0,00002584	0,00000102
Observações	12,0000000	12,0000000
Correlação de Pearson	0,64136007	
Diferença média observada	0,01806667	
Estatística t	13,8959825	
P ($T \leq t$) unicaudal	0,00000001	
t Crítico unicaudal	1,79588482	

IV. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Ainda é necessário o término da coleta dos dados e tratamentos estatísticos dos dados com a inclusão dos parâmetros das análises laboratoriais, que trarão clareza a respeito da precisão e acurácia dos resultados e propor hipóteses mais conclusivas e consequente validação do sistema proposto nesse estudo. Entretanto pode-se verificar que o padrão das leituras é similar, embora deslocado, ao obtido pelo método do kit de reagentes utilizada a campo.

A diferença observada na faixa de valores ainda precisa ser melhor investigada, uma hipótese para tal pode ser a necessidade de correção entre os valores NAT e ANI que podem divergir com base na temperatura e no fator de multiplicação obtido, isso fica ainda mais evidente pelo baixo desvio padrão entre os dois tratamentos.

REFERÊNCIAS

- [1] CORRÊA, B. R. S. “Aquaponia Rural.” *Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, da Faculdade UnB Planaltina, da Universidade de Brasília (UnB), como requisito para a obtenção do grau de Mestre.* Disponível em : https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/32828/1/2018_BernardoRamosSim%C3%B5esCorr%C3%Aaa.pdf. Acesso em: 23/05/2022.
- [2] QUEIROZ, J. F., et al. “Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia”. *Documento 113. Embrapa Meio Ambiente.* Jaguariúna, SP. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178041/1/2018DC01.pdf>. Acesso em: 23/05/2022.
- [3] GOMES, L. M. C., et al. “ARDUINO: Automatização da Coleta de Dados na Irrigação”. *Revista Conexão.* Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:BYQOsZTEifQJ:revistaconexao.aems.edu.br/wp-content/plugins/download-attachments/includes/download.php%3Fid%3D1530&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 23/05/2022.
- [4] QUEIROZ, W. R. O.. SOUSA, W. Q. “A importância da plataforma arduino no meio acadêmico”. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento.* Ano 03, Ed. 08, Vol. 12, pp. 123-133, Agosto de 2018. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/meio-academico>. DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/meio-academico . Acesso em: 23/05/2022.
- [5] CARNEIRO, P. C. F. Et all. “Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia”. *Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros*, ISSN 1678-1937, 189. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.
- [6] FRANCO, I., ARAUJO, A. R. R., FRANKE, C. R. “Aspectos Socioambientais da Aquicultura na Região do Baixo São Francisco, Sergipe, Brasil”. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade.* Versão on-line ISSN2319-2856. Volume14, número 7. Curitiba –PR. jan/jun-2018. Disponível em: <<https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/download/824/327>>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- [7] ZADINELO, I. V. “Avaliação de Elemento Filtrante à Base de Quitosana na Aquicultura”. *Tese (Doutorado em Zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus de Marechal Cândido Rondon.* Marechal Candido Rondon, PR. p 35. 2018. Disponível em: <<http://tede.unioeste.br/handle/tede/4084>>. Acesso em: 10 fev. 2021.
- [8] KUBITZA, F. “Os caminhos para uma piscicultura sustentável”. *Revista Panorama da Aquicultura*, v. 20, n. 119, 2010. Disponível em: <<https://panoramadaaquicultura.com.br/os-caminhos-para-uma-piscicultura-sustentavel/>> acesso em: 04 abr. 2022.
- [9] BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Water quality and pond soil analyses for aquaculture.** Auburn: Auburn University. Alabama Agricultural Experimental Station, 1992. 183 p. apud QUEIROZ, J. F., BOEIRA, R. C. Determinação do percentual de troca de água em função do acúmulo de amônia (NH₃) nos viveiros de piscicultura. CT47 - EMBRAPA, ISSN 1616-8638. Jaguariúna – SP. 2008.
- [10] MARCHIORI, N., SILVA, B. C., Importância do Manejo Alimentar na Criação de Tilápia. Centro de Desenvolvimento de Aquicultura e Pesca. EPAGRI/Itajaí-SC. Abril 2018. Disponível em: https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_epagri/Cedap/Folder/34-Piscicultura-tilapia-gestao-nutricao.pdf. Acesso em: 12/09/2022.