

Desenvolvimento de Sistema Automático de Análise de pH e Temperatura da Água para Aquicultura

**Monique Virães Barbosa dos Santos¹, Carlos Alberto Ramos Domiciano¹,
Fabiano da Guia Rocha^{1,3}, Cristian Jacques Bolner de Lima¹,
Lázaro Alecrim de Jesus¹, Joeder Rodrigues França Moura²**

¹Instituto Federal de Mato Grosso, Campus Cáceres – Prof. Olegário Baldo (IFMT)
Caixa Postal 244 – 78.200-000 – Cáceres, MT – Brasil

²Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá, MT - Brasil

³Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense – Niterói, RJ - Brasil

{monique.santos, cristian.lima, lazaro.alecrim}@cas.ifmt.edu.br,
{eng.fabianorocha, carlosramos.domiciano}@gmail.com, jo_eder@hotmail.com

Abstract. *Aquaculture is a production of aquatic organisms in captivity, having as main activity in fish farming, where it is necessary to constantly monitor the ideal levels of water quality to reduce losses. In this work, look for an automatic water analysis system for aquaculture. The developed system uses an Arduino Mega platform and temperature and pH sensors. Tests were carried out to verify the accuracy and calibration of the sensors, as well as to validate the developed tool. Based on the results obtained, it is possible to verify the feasibility of the use of the automated system for analysis of pH and water temperature of fish farms.*

Resumo. *A aquicultura é a produção de organismos aquáticos em cativeiro, tendo como principal atividade a piscicultura, na qual faz-se necessário o monitoramento constante dos níveis ideais de qualidade de água para redução de perdas. Neste trabalho buscou-se desenvolver um sistema de análise automática da água para aquicultura. O sistema desenvolvido utilizou a plataforma Arduino Mega e sensores de temperatura e pH. Foram realizados testes para verificar a precisão e calibração dos sensores, bem como para validar a ferramenta desenvolvida. Com base nos resultados obtidos, pode-se constatar a viabilidade do uso do sistema automatizado para análises de pH e temperatura da água de pisciculturas.*

1. Introdução

A evolução tecnológica com a incorporação da eletrônica nos campos de pesquisa e desenvolvimento tem impulsionado inovações nas mais diversas áreas do conhecimento. Na área da aquicultura, o desenvolvimento de novas tecnologias tem possibilitado significativas mudanças na prática, tais como na alimentação automatizada de peixes e na implantação de sistemas de supervisão e de controle que permitem a leitura e o registo das características da água remotamente com ou sem a supervisão humana. A tecnologia aplicável à aquicultura pode abranger o desenvolvimento de sensores e de inteligência artificial, para o controle local ou remoto do sistema (LARANJEIRA, 2014).

Segundo Silveira Junior *et al.* (2015), a utilização de tecnologias no processo de produção animal influencia na diminuição dos custos de produção e no melhor aproveitamento das condições químicas, físicas e biológicas do ambiente. A automação pode ser conceituada como sendo a junção das ferramentas necessárias para realização de uma determinada atividade, do processo para chegar ao objetivo desta atividade e do controle para tal, fazendo com que haja pouca ou nenhuma intervenção de trabalho humano (SILVEIRA JUNIOR *et al.*, 2015). Embasada por esta definição, a automação se mostra uma solução eficaz no que tange ao problema de falta de mão de obra, não somente na piscicultura, mas em qualquer outra atividade.

Rodrigues *et al.* (2014) relata que para realizar a análise ambiental em tempo real faz-se necessário o uso de sensores que permitem aferir dados do ambiente e, por meio de uma plataforma computacional, é possível interpretar e analisar os dados de produção e controlar todo este processo.

Na área da piscicultura, Braga *et al.* (2002) descreve que há diversos parâmetros determinantes para a caracterização da qualidade da água, representando suas características físicas, químicas e biológicas.

O pH, potencial hidrogeniônico, é um parâmetro químico muito importante a ser considerado em aquicultura, já que possui um efeito sobre o metabolismo e processos fisiológicos de peixes e todos os organismos aquáticos. Consiste na medida da concentração de íons H⁺ na água, sendo na prática mensurando através de kits colorimétricos ou peagômetros digitais. A sua medida se dá em uma escala que varia de 0 a 14, de modo que o pH igual a 7 corresponde ao neutro, abaixo de 7 é classificado como ácido e acima de 7 como básico ou alcalino. O valor recomendado para um ótimo desenvolvimento da grande maioria das espécies de peixes varia de 6,5 a 8,5. Valores inferiores a 6,5 ou superiores a 8,5 causam problemas fisiológicos diversos, tanto no crescimento quanto na reprodução, bem como são causas de mortalidade expressiva do plantel (ARANA, 2004; MORO *et al.*, 2013).

A temperatura é um parâmetro físico muito importante para a qualidade da água na piscicultura (SEBRAE, 2013), pois por serem animais pecilotérmicos, os peixes não regulam sua temperatura do corpo (SILVA *et al.*, 2016). Em vista disso, a temperatura ambiental tem um profundo efeito sobre o crescimento, a taxa de alimentação e o metabolismo destes animais (ARANA, 2004). Temperaturas acima ou abaixo da faixa ideal podem inibir o crescimento, além de favorecer a incidência de doenças (ARANA, 2004; MORO *et al.*, 2013).

Neste trabalho buscou-se desenvolver uma ferramenta computacional de baixo custo voltada para a automação e controle na área de piscicultura, mais especificamente no aspecto voltado a análise automática da temperatura e do pH da água, a fim de permitir ao piscicultor realizar o monitoramento em tempo real.

2. Metodologia

2.1. Componentes do Sistema para Análise de Água

Para gerenciar os componentes foi utilizado o Arduino, pois trata-se de uma plataforma de automação *open-source* composta por uma placa de automação com um controlador e entradas/saídas tanto digitais como analógicas. O Arduino utilizado foi a versão Mega, que possui um ambiente próprio de desenvolvimento em linguagem C modificada,

sendo possível desenvolver projetos utilizando uma placa com o microcontrolador Atmega2560 e 54 pinos digitais utilizados para entrada/saída de dados.

Para aferir a temperatura foi utilizado o sensor DS18B20, que tem por característica ser impermeável e possuir precisão de $\pm 0,5$ °C. A programação (Figura 1) de uso do sensor teve por base o trabalho de Thomsen (2015b).

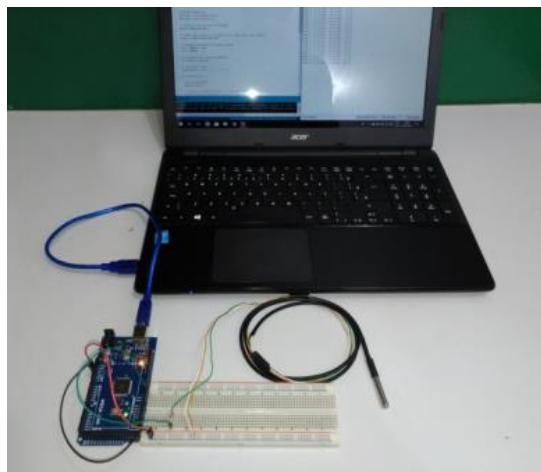


Figura 1. Programação do sistema para análise de temperatura.

Outro componente utilizado foi o kit SEN0161 que contém um sensor de pH e um módulo para aferir o parâmetro pH. A codificação (Figura 2) utilizada como base foi a fornecida por DFROBOT (2017), sendo adaptada as necessidades específicas do projeto. O módulo utilizado tem por função regular e transformar a voltagem a ser utilizada no sensor de pH, pois este atua em baixa voltagem.

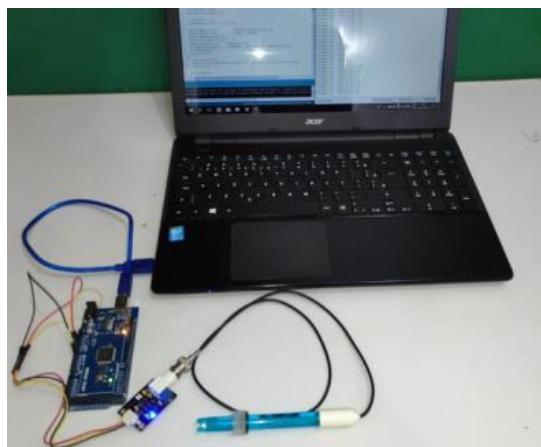


Figura 2. Programação do sistema para análise de pH.

Também foram utilizados uma fonte de alimentação de 9V, própria para Arduino, e um cartão Micro SD HC e módulo de cartão SD para o armazenamento dos dados coletados. Este módulo realiza a comunicação com o Arduino via interface SPI, por meio dos pinos MOSI, SCK, MISO e CS (THOMSEN, 2015a).

Além disso, um visor de LCD (Figura 3) foi utilizado a fim de proporcionar um melhor acompanhamento das leituras aferidas pelo sistema. A prototipação do circuito foi realizada com o auxílio de uma *protoboard* (Figura 3) e jumpers que possibilitam realizar a conexão do Arduino com os sensores e demais componentes eletrônicos.

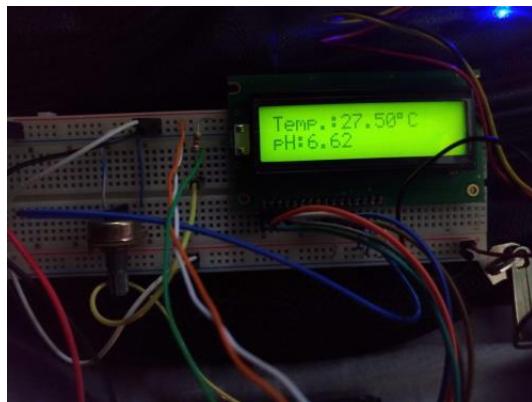


Figura 3. Visor de LCD e protoboard.

Portanto, o sistema de análise de água foi composto pelo microcontrolador Arduino Mega, sensor de temperatura DS18B20, kit de pH SEN0161, um cartão Micro SD HC, módulo de cartão SD, visor de LCD e fonte de energia de 9 V.

2.2. Testes de precisão dos sensores

O kit pH SEN0161 foi testado em soluções padrões com valores de pH conhecidos, para que assim fosse possível constatar a precisão das leituras e, se necessário, realizar a calibração do sistema. Foram utilizadas duas soluções para os testes, uma com pH 7,00 e outra com pH 4,00, sendo que em cada solução, o sensor de pH ficava submerso durante 5 minutos.

Neste teste, observou-se que os valores de pH resultantes das leituras feitas através do sensor não correspondiam ao pH das soluções padrões, por isto foi necessário calibrar o sensor. A calibração foi feita com regulagens no potenciômetro (regulador de tensão) do módulo e algumas alterações no código fornecido pela fabricante do Kit. Após, foi realizado outro teste com as soluções tampões, a fim de validar a calibração realizada e obter dados precisos.

Para a realização dos testes do sensor de temperatura DS18B20, este foi imerso em dois bêqueres, um contendo água em temperatura ambiente de $\pm 32^{\circ}\text{C}$, e o segundo, em água refrigerada com temperatura de $\pm 11^{\circ}\text{C}$. Para verificar a precisão do sensor DS18B20, foram utilizados dois termômetros distintos, um de mercúrio e outro de álcool. Tanto o sensor quanto os termômetros ficaram mergulhados durante 5 minutos em cada bêquer.

2.3. Teste do Sistema Desenvolvido

A ferramenta de análise de água desenvolvida foi instalada no Laboratório de Piscicultura do IFMT/Campus Cáceres – Prof. Olegário Baldo. O sistema (Figura 4) foi testado durante um período de 21 horas, em que os dois sensores, pH e temperatura, foram inseridos na água de um tanque de 1.000 litros, contendo 29 peixes (tambacu) de peso médio de 300 gramas.

Como os tambacus possuíam dentes, os sensores foram acomodados numa estrutura que teve a função de evitar que os peixes mordessem os fios e sensores, assim como permitir a circulação de água. Esta estrutura foi feita com tela, tipo sombrite, e arame.

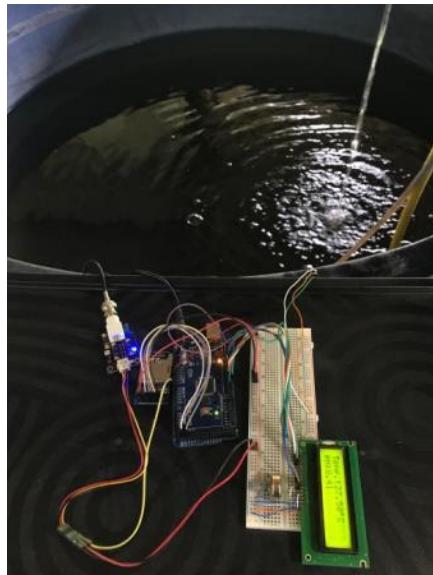


Figura 4. Teste do sistema automatizado de análise de água em tanque com peixes.

O Arduino foi programado para executar, a cada intervalo de uma hora, os seguintes comandos: realizar as leituras de temperatura e pH, mostrar os resultados das análises no visor de LCD, salvar estes resultados no cartão de memória e, por último, realizar um *delay* de uma hora.

Os valores aferidos eram enviados ao módulo SD, que os armazenava dentro de um arquivo no formato texto com extensão .txt em um cartão Micro SD HC. Ao final do período programado para análises, o sistema foi desligado, em seguida, o cartão micro SD foi retirado para tabulação dos dados coletados em planilha eletrônica e geração de gráficos.

3. Resultados e discussões

3.1. Resultados dos testes de precisão dos sensores

A Tabela 1 apresenta os valores do pH das soluções tampão utilizadas e os resultados obtidos nos testes iniciais e finais em cada solução. Nos testes iniciais, observa-se que o kit pH SEN0161 estava descalibrado, pois apresentou valores muito discrepantes dos valores reais de pH das soluções tampão. Após a calibração, foi possível obter valores corretos e precisos nas análises, com oscilações de $\pm 0,01$.

Tabela 1. Comparativo entre os valores de pH das soluções tampão utilizadas e do sensor antes e depois da calibração.

Solução Tampão	Kit pH SEN0161 (antes da calibração)	Kit pH SEN0161 (depois da calibração)	Desvio Padrão
7,00	7,01	7,00	0,0070
4,00	5,67	4,00	1,1808

Os testes iniciais e de calibração do sistema, utilizando os dois termômetros imersos nas duas amostras de água, demonstraram uma boa acurácia entre resultado aferido e o real, pois como demonstrado na Tabela 2, proximidade dos valores obtidos no sensor com os valores obtidos pelos termômetros obteve variação de $\pm 0,5^\circ\text{C}$, demonstrando a boa eficácia de uso deste sensor no sistema.

Tabela 2. Comparativo entre os resultados encontrados utilizando o sensor DS18B20 e termômetros de mercúrio e álcool.

Sensor DS18B20 (°C)	Termômetro de mercúrio (°C)	Termômetro de álcool (°C)	Desvio Padrão
32,0	32,0	31,5	0,2886
11,0	11,0	11,0	0,00

3.2. Resultados do teste do sistema desenvolvido

O valor médio obtido nas análises de pH realizadas com o sistema desenvolvido foi de $7,97 \pm 0,04$. Na figura 5, encontra-se o gráfico dos resultados das análises de pH em função do tempo, no qual observa-se que a variação foi insignificante.

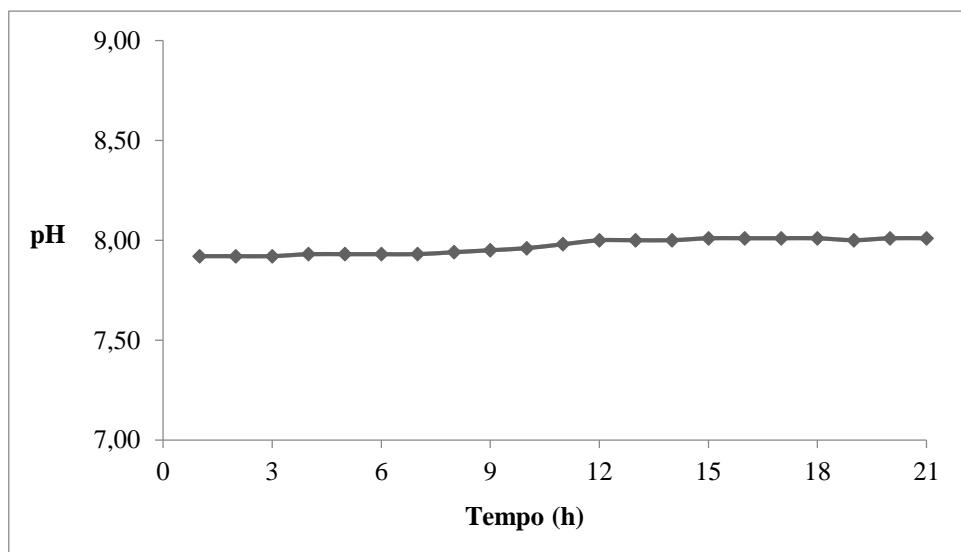


Figura 5. Resultados obtidos das análises de pH em função do tempo.

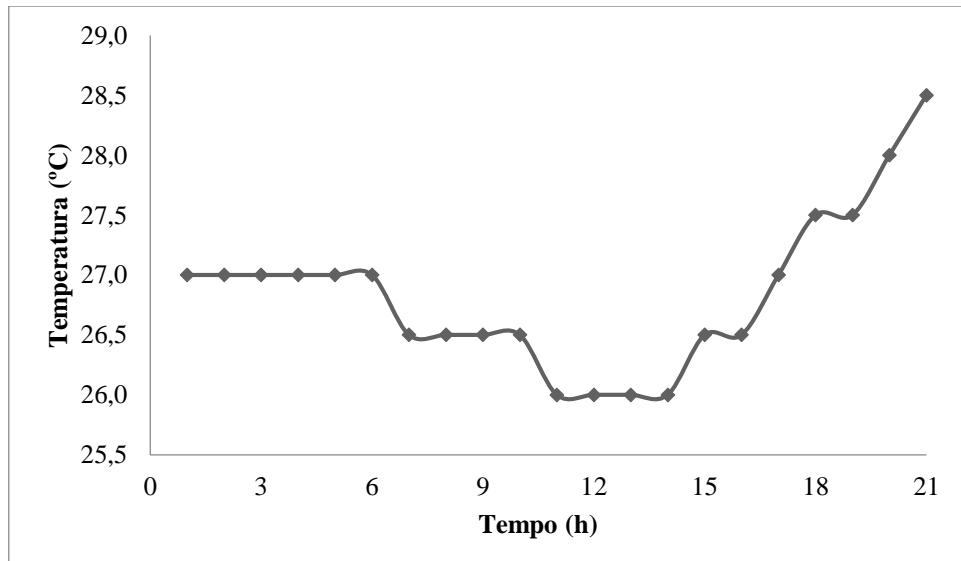


Figura 6. Resultados obtidos das análises de temperatura em função do tempo.

O resultado médio encontrado nas análises de temperatura, feitas através do sistema desenvolvido, foi de $26,83^{\circ}\text{C} \pm 0,66$. A figura 6 mostra os resultados das

análises de temperatura em função do tempo, neste gráfico podem ser observados que os valores oscilaram, infere-se que isto ocorreu em função da mudança de temperatura ambiental.

A temperatura da água afeta diretamente o metabolismo dos peixes, por isto, conhecer a temperatura da água é fundamental para diversos manejos, entre eles o de transporte de alevinos, de transferência de peixes para outros tanques d'água e principalmente, na alimentação, uma vez que em temperaturas mais altas, peixes consomem mais alimentos e oxigênio, e em baixas temperaturas eles comem menos e diminuem o consumo de oxigênio (OSTRENSKY; BOEGER, 1998).

Apesar de o clima local ser responsável pela variação da temperatura, tornando muito complexo o controle desta variável, ter em mãos informações atualizadas sobre ela, auxiliaria o piscicultor na administração da quantidade de ração que ele deverá fornecer aos peixes, evitando desta forma, o desperdício de insumo (ZACCHARIAS; ROCHA, 2016). Neste sentido, uma das prerrogativas do desenvolvimento desta ferramenta é reduzir os custos de produção e reduzir o impacto ambiental, através do monitoramento da temperatura.

Beck *et al.* (2006) ressaltam que a incorporação de novas tecnologias em projeto para análise automática de água possibilita a criação de um sistema inovador, pois como a atividade piscícola demanda uma dedicação constante para manter uma boa qualidade de água, a ferramenta possibilita um monitoramento constante, garantindo um conforto maior para a pessoa responsável pela piscicultura.

Silveira Junior *et al.* (2015) pontua a importância da implantação de um sistema remoto de indicadores da qualidade de água de tanques de piscicultura de baixo custo. Em seu trabalho, busca-se analisar e monitorar a temperatura, condutividade e turbidez da água. Fernandes (2012) e Laranjeira (2014) também desenvolveram projetos semelhantes, em que se mostra viável a aplicação de um sistema automatizado em tanques de piscicultura pela praticidade e segurança no monitoramento de indicadores de qualidade de água.

Zaccharias e Rocha (2016) realizaram um estudo teórico e qualitativo no qual ressalta-se o custo acessível dos componentes necessários para criar o sistema, apresenta materiais eficientes no controle do ambiente aquático, mostra capacidade de ser sustentável e ecoeficiente, permite diminuir o tempo gasto em funções executadas manualmente pelo piscicultor, pode contribuir para a redução da mortalidade de peixes cultivados, e possibilita reduzir o desperdício de insumos, o que consequentemente gera aumento na lucratividade.

4. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Foi possível desenvolver o sistema automatizado para análise e monitoramento da água, utilizando a plataforma Arduino Mega e sensores de temperatura e pH em que os resultados obtidos nos teste demonstraram boa acurácia e precisão na aferição, demonstrando o potencial de uso da plataforma Arduino e seus sensores na utilização em atividades aquícolas.

Tendo em vista a importância deste tipo de ferramenta desenvolvida para a aquicultura, pretende-se em trabalhos futuros ampliar a quantidade de funcionalidades do sistema, como a adição de sensores capazes de aferir outros parâmetros de qualidade

no ambiente aquático, geração e envio de relatórios das análises, envio de alertas ao produtor em tempo real, de modo a informá-lo que será necessário intervir para que os níveis aferidos voltem à normalidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação do IFMT, pelo apoio financeiro ao projeto, via Edital PROPES/IFMT 036/2017. Ao CNPq, pela concessão de bolsa de Inovação Tecnológica ao discente deste projeto.

Referências

- ARANA, L.V. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. Florianópolis, Ed. da UFSC, 2004, 231 p.
- BECK, João C.P.; SILVA, Isaac N. L.; GUERRA, Karion; MESSIAS, Daniel E. Automação e controle de tanques para piscicultura. Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006.
- BRAGA, Benedito et al. Introdução à Engenharia Ambiental, Editora Pearson Educação do Brasil, São Paulo, 2002.
- DFROBOT. pH meter (SKU: SEN061). 2017. Disponível em: <[http://dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter\(SKU_SEN061\)](http://dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU_SEN061))>. Acesso em: 04 out.2017.
- FERNANDES, André Filipe Dias. Instrumentação e Controlo para Regulação de pH em Sistemas de Cultivo de Organismos Aquáticos (Dissertação). Universidade do Algarve – Faculdade de Ciência e Tecnologia. 2012. 101p.
- LARANJEIRA, Roberto Ribeiro. Controlo remoto e autónomo de um sistema de aquacultura. (Dissertação). Universidade de Aveiro. 2014. 99p.
- MORO, G.V.; TORATI, L.S.; LUIZ, D.B.; MATOS, F.T. Monitoramento e manejo de qualidade da água em pisciculturas. In: Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. Brasília, DF Embrapa, 2013. 440 p.il.
- OSTRENSKY, A.; BOEGER, V. Piscicultura: Fundamentos e Técnicas de Manejo. Guaíba: Agropecuária, 1998.
- RODRIGUES, César; DIEGO Caetano; LUCAS de Souza; MARCELINO Petersen; RENON Steinbach Carvalho; EDUARDO Bidese Puhl. Automação dos manejos de arraçoamento e aeração na piscicultura levando em consideração as condições ambientais. Anais da XV FETEC Feira de Conhecimento Tecnológico e Científico. Agosto/2014.
- SEBRAE. Manual como Iniciar Piscicultura com Espécies Regionais. Sebrae, Brasília, 2013. 46 p: il.; color.
- SILVA, Tarcila Souza de Castro; et al. Inverno: período crítico para piscicultura. Embrapa Agropecuária Oeste, 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/13478025/artigo---inverno-periodo-critico-para-piscicultura>>. Acesso em: 05 set. 2017.

SILVEIRA JUNIOR, Carlos Roberto; et al. O uso do celular no monitoramento do ambiente de piscicultura. X Congresso Brasileiro de Agroinformática. Anais do X SBIAGRO. 2015

THOMSEN, Adilson. 2015a. Como gravar dados no Cartão SD com Arduino. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/cartao-sd-com-arduino/>>. Acesso em: 24 out. 2017.

THOMSEN, Adilson. 2015b. Medindo temperatura de baixo d'água com DS18B20. Disponível em: <<http://blog.filipeflop.com/sensores/sensor-de-temperatura-ds18b20-arduino.html>>. Acesso em: 05 set. 2017.

ZACCHARIAS, R. L.; DA ROCHA, R. V. Automação dos processos de produção e controle para aumento de produtividade e redução de desperdícios na piscicultura. RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, Tupã, v. 2, n. 2, p. 52-67, jul./dez. 2016.