



DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO (SEM FIO) DE O₂ DISSOLVIDO EM ÁGUA

Gabriel Bergamasco Beltran¹, Rosa Maria Ribeiro², Rosângela Bergamasco³

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica, Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR, Maringá-PR. Bolsista PIBITI/CNPq-UniCesumar. gabriel.beltran98@hotmail.com

² Orientadora, Doutora, Docente do Programa de Mestrado em Tweeknologias Limpas, UNICESUMAR. Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICETI)

³ Coorientadora, Doutora do Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá–UEM

RESUMO

A maior parte da superfície terrestre, cerca de 97%, é recoberta por água. Porém grande parte deste total é água salgada, inadequada para consumo humano e para a agricultura. E a reduzida parcela doce está altamente poluída em muitas regiões. Uma forma de controle de poluição das águas é se quantificar a concentração do oxigênio (O₂) dissolvido (OD) um dos parâmetros mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos. O que pode ser feito por meio de sensores ambientais, dispositivos que possuem a propriedade de converter em sinal elétrico as propriedades das transformações físicas do meio ambiente. Assim, este trabalho objetivou desenvolver uma plataforma que por meio de uma rede sensor sem fio, fosse capaz de facilitar o acompanhamento do nível de oxigênio dissolvido na água, para uso na piscicultura, pois dados armazenados em memória permitem análise detalhada da sanidade dos peixes. A plataforma foi elaborada, obtendo os resultados esperados de leituras de OD; é de baixo valor de construção, permitindo assim que novos trabalhos sejam desenvolvidos; além da possibilidade de disponibilizar os dados para que estes se tornem acessíveis pela internet por meio de cloud-computer.

PALAVRAS-CHAVE: Arduino, sensores ambientais, wireless.

1 INTRODUÇÃO

Lagos e rios são as principais fontes de acessibilidade de água potável, mas estes constituem menos de 1% do suprimento total de água (BAIRD, 2002).

Diversos parâmetros podem ser mensurados para medir a qualidade da água, como o pH, alcalinidade, nível de amônia e de oxigênio dissolvido, sendo este último o mais importante, pois para sobrevivência dos seres aquáticos, em especial os peixes, é necessário um nível mínimo de 1 miligrama por litro de oxigênio dissolvido. Este diminui quando há lançamentos de despejos nas águas. Esse lançamento aumenta a concentração de matéria orgânica, que irá consumir uma demanda extra de oxigênio; quando escasso, provoca a morte dos seres vivos aeróbios (ESTEVEZ, 1998). O oxigênio dissolvido em água é um parâmetro importante para se analisar as características químicas e biológicas das águas de rios, pois mostra a capacidade de auto depuração das águas.

Existem protocolos de metodologias já conhecidas e bastante utilizadas para realizar o monitoramento desses parâmetros. O método eletroquímico de determinação do OD bastante conhecido e difundido atualmente, foi idealizado por Clark (1959), onde este iniciou através testes selando um cátodo de platina com vidro, e cobrindo primeiramente com celofane e polietileno. Essas metodologias válidas até hoje, têm



porém etapas que aumentam o tempo de obtenção dos resultados e podendo ocorrer a erros. Porém, as análises podem ser dinamizadas tanto em relação ao tempo da resposta quanto à diminuição do risco de erros, empregando-se, segundo LINEK (1998), OS sensores ambientais,

Sensores Ambientais são dispositivos que possuem a propriedade de converter em sinal elétrico as propriedades das transformações físicas do meio ambiente. Segundo Labiod, Afifi e Santis (2007), existem diversos tipos de sensores, que inclusive podem ser conectados com o Arduíno (plataforma com microcontrolador At-mega), como o LM35 (sensor temperatura) e o MG811 (sensor de CO₂), entre muitos outros. (EVANS, HOCHENBAUM, 2013). E esses sensores podem ser dinamizados, trabalhando-se em rede sem fio.

Assim, o objetivo geral deste trabalho foi desenvolver uma rede de sensor sem fio, capaz de facilitar o acompanhamento do nível de oxigênio dissolvido na água em diversos pontos, armazenando estes dados em memória. Para isso utilizou-se somente tecnologias open-source e componentes físicos, como sensores e micro controladores de baixo custo, visando deixar a plataforma facilmente acessível.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para criação de uma rede sensor sem fio, o protocolo de rede mais utilizado atualmente é o ZigBee (FALUDI, 2011), devido ao seu longo alcance e baixo consumo de energia. Uma rede ZigBee é capaz de hospedar mais de 65000 dispositivos, com taxas de transferência variando de 20 kbps a 250 kbps (MESSIAS, s/d).

Foram adquiridos três módulos XBee para os estudos práticos e o início do desenvolvimento da plataforma de monitoramento proposta. A configuração dos módulos XBee foi realizada através do *software* XCTU, disponibilizado gratuitamente pelo fabricante do módulo, a Digi International Inc., utilizando a placa XBee Explorer como interface para a comunicação entre o módulo XBee e o computador com o *software* XCTU.

Como o intuito do projeto foi trabalhar com rede em topologia estrela, foi necessário configurar os módulos para operarem com comunicação em modo API, onde as informações são transmitidas por meio de pacotes de dados, ou *frames*, que além de conter o dado, contém outras informações, como o endereço do módulo que enviou o pacote. Com isto, é possível saber exatamente qual módulo enviou a informação. A primeira configuração a definir foi qual seria a função do nó, neste projeto, coordenador. Instalado o *firmware*, o próximo passo foi configurar os parâmetros de funcionamento do módulo. Existem diversos parâmetros que podem ser alterados na configuração dos módulos, cabendo ao usuário definir o que é necessário e deixar os demais parâmetros com as definições padrões do fabricante. A figura 1 mostra a configuração do módulo XBee do nó coordenador.

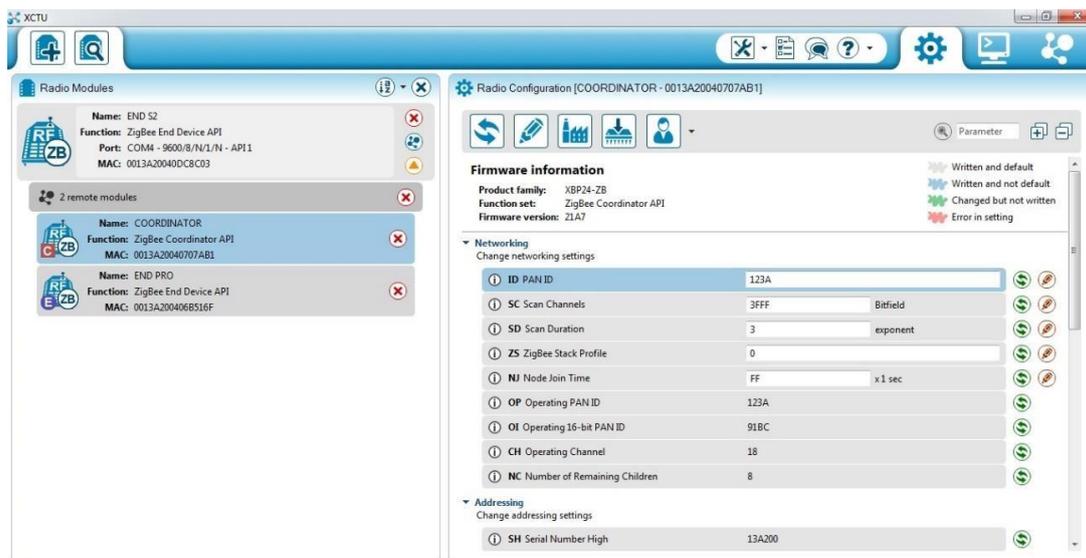


Figura 1- Configuração do módulo XBee do nó coordenador através do software XCTU.

Fonte: autores

Com a rede dos módulos XBee funcionando corretamente, o foco do estudo foi então direcionado para a plataforma Arduino, cuja função, usada neste trabalho, está de acordo com McRoberts, (2013) que é a de receber do módulo XBee coordenador as leituras de todos os nós sensores, processar estas informações e então armazená-las em um cartão de memória, juntamente com outras informações, como data e hora do recebimento.

Para conectar o módulo XBee coordenador ao Arduino, foi utilizada a placa complementar XBee Shield, que é acoplada sobre o Arduino e então o módulo XBee é acoplado nesta *shield*. O módulo XBee envia as informações para o Arduino por meio de uma comunicação serial, utilizando portas Rx e Tx. Para o recebimento das informações pelo Arduino, foram utilizadas na programação funções de manipulação da porta serial, da mesma forma como é feito para comunicar o Arduino com o computador via conexão USB. Este módulo de cartão SD se comunica com o Arduino por meio do protocolo SPI, fazendo-se necessário o uso de duas bibliotecas no desenvolvimento dos programas: SPI.h e SD.h. Estas bibliotecas possuem código-fonte aberto e estão disponíveis em diversos sites e comunidades sobre Arduino na Internet, inclusive já estão inclusas nas versões mais recentes do software Arduino IDE (MCROBERTS, 2011). Para utilizar o módulo, basta carregar estas bibliotecas no programa (HEBEL, 2010) que se está desenvolvendo e, quando necessário, chamar as funções de leitura ou gravação específicas para cartão SD.

Com mais esta tecnologia obteve-se a base para o desenvolvimento da plataforma de monitoramento.

Então foi realizada a integração de todas as etapas desenvolvidas, estruturando a plataforma de monitoramento de O₂.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os nós sensores da plataforma foram formados por sensores de oxigênio dissolvido(OD) modelo D.O Probe da atlas scientific, capazes de medir com boa precisão



a concentração de O_2 presente na água, conectados a módulos de comunicação XBee, (DIGI, 2012), formando uma rede de sensores sem fio (RSSF).

O nó coordenador, formado por um Arduino Uno conectado a um módulo XBee através de uma placa complementar XBee Shield, a um módulo de leitura/gravação de cartão SD e a um módulo de relógio de tempo real RTC.

O sistema funciona com o sensor transmitindo a leitura do nível de O_2 por meio de um sinal analógico ao XBee, que então converte este sinal em um dado digital e o transmite ao XBee presente no nó coordenador. Este repassa o dado ao Arduino que converte-o no valor da medida da concentração de O_2 e a armazena no cartão SD, por meio do módulo de cartão SD, juntamente o nome do nó que fez a leitura, o horário e a data desta leitura, obtidos por meio do módulo RTC. Estas quatro informações são armazenadas no cartão SD em um arquivo de texto do tipo TXT, facilmente exportável a qualquer *software* matemático.

Caso o Arduino esteja conectado a um computador, as informações processadas podem ser acompanhadas em tempo real através de um console serial, como o presente no *software* Arduino IDE, usado para a programação do Arduino. Como os dois tipos de sensores disponibilizam suas medidas através de sinais analógicos, a plataforma desenvolvida é compatível com ambos.

A figura 2 mostra duas leituras realizadas quando o sensor de oxigênio dissolvido, após passar por testes para constatar a finalização desta etapa do módulo de oxigênio dissolvido.

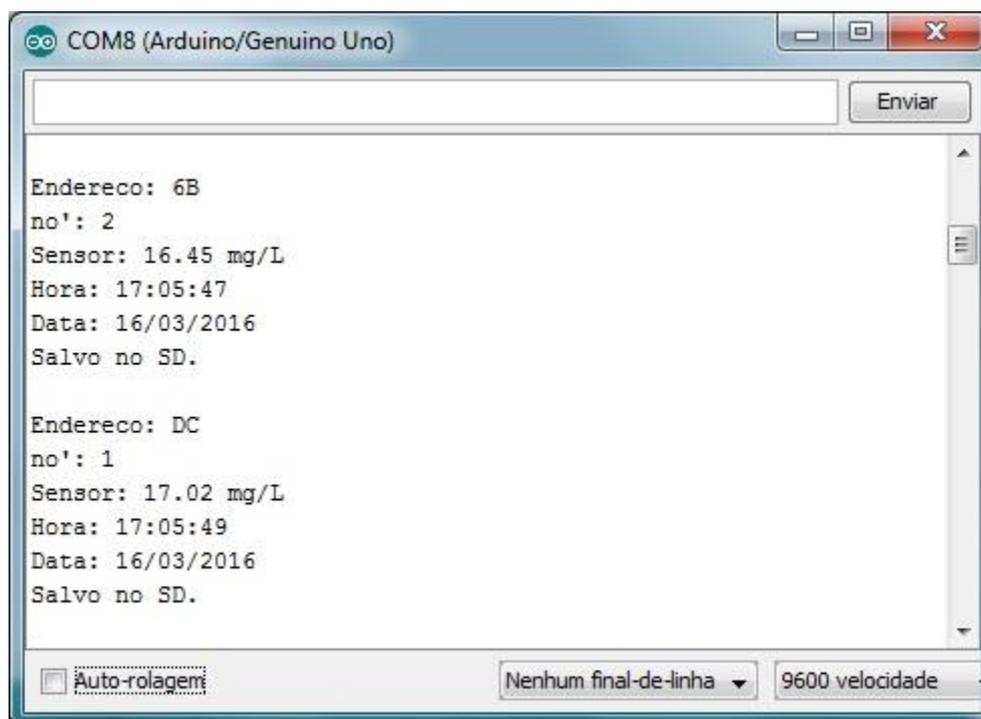


Figura 2: Dados obtidos em testes com o sensor de oxigênio dissolvido desenvolvido
Fonte: Dados dos autores

Esta figura mostra que as leituras de OD variaram bastante levemente em 2 segundos, isto é, a 16,45 e 17,02 mg/L, evidenciando-se a sensibilidade de captação das leituras do sensor de OD desenvolvido.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O módulo desenvolvido neste delimitado tempo da pesquisa está em fase de ajustes; conclui-se porém, que até o momento, foram alcançados os objetivos, pois já se conseguiu chegar a várias leituras de oxigênio dissolvido em águas.

Porém, já foi atingido com sucesso o objetivo de reunir e armazenar estas informações no cartão de memória, juntamente com a data e o horário de cada transmissão.

Como atividades futuras, planejam-se testes mais rigorosos tanto dos sensores de O₂, quanto da plataforma em si, determinando, por exemplo, o alcance máximo entre nó sensor e nó coordenador, além da análise de performance da rede aumentando-se o número de nós sensores.

Como sugestão de trabalhos futuros, considera-se tornar a plataforma apta a enviar os dados coletados via Internet a um servidor e disponibilizá-los em um *website*, conseguindo assim compartilhar os dados coletados com toda a comunidade interessada.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Arduino Board Uno**. Disponível em:

<<http://books.google.com.br/books?vid=ISBN0520230086>>. Acesso em 22 jun. 2015.

<<http://www.embarcados.com.br/spi-parte-1/>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

<<http://www.tunnelsup.com/xbec-guide/>>. Acesso em: 17 maio. 2015.

<<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>. Acesso em: 2 fev. 2016.

BAIRD, C. RECIO M.A.L. e CARRERA L.C.M Química Ambiental. 2ª ed. Trad. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CLARK, L. C. JR **Electrochemical device for chemical analysis**. United States Patent 2913386, 1959.

DIGI. **XBee/XBee-Pro ZB RF Modules**. Minnetonka: Digi International Inc., 2012.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

EVANS, M. HOCHENBAUM, J. **Arduino in Action**. Manning, EUA, 2013.

FALUDI, R. **Building Wireless Sensor Networks**. Sebastopol: O'Reilly, 2011.

HEBEL, M. et al. **Getting Started with XBee RF Modules: A Tutorial for BASIC Stamp and Propeller Microcontrollers**. Version 1.0. Parallax Inc., 2010.

LABIOD, H., AFIFI, H., SANTIS, C. de. **WiFi Bluetooth ZigBee and WiMax**. Paris: Springer, 2007.



LINEK, V. et al. **Measurement of oxygen by membrane-covered probes : guidelines for applications in chemical and biochemical engineering.** Ellis Horwood ; New York : Halsted Press, 1988, 330p.

MCROBERTS, M. **Arduíno Básico.** Novatec, Brasil, 2013.

MCROBERTS, . **Arduíno Básico.** São Paulo: Novatec Editora, 2011.

MESSIAS, A. R. **Controle remoto e aquisição de dados via XBee/ZigBee (IEEE 802.15.4).** Disponível em: <<http://www.rogercom.com/ZigBee/ZigBee.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2015.