

## **O uso de uma Rede de Sensores Sem Fio para o monitoramento de dados ambientais**

Armando Câmara Junior<sup>1</sup>, Jose Luiz Moreira<sup>1</sup>  
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, (CPTEC)  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)  
Cachoeira Paulista – SP – Brasil

armando.camara@cptec.inpe.br, jose.luz@sir.inpe.br

**Resumo.** *Este artigo descreve um sistema de coleta e transmissão de dados ambientais usando uma Rede de Sensores Sem Fio. Esta estrutura é formada com o uso de rádios ZigBee / XBee de longo alcance e no emprego de hardware e software livre. O uso de Sensores de precisão e baixo custo podem aumentar a abrangência da coleta em uma determinada região a ser monitorada. O sistema composto de micro-controladores capta os dados dos sensores e transmite para uma estação controladora e automaticamente os envia para um centro de pesquisas que irá processá-los. Esta estrutura que tem um orçamento de implantação baixo e pode cobrir áreas como um rio, represa e tem como objetivo facilitar a coleta destes dados que podem contribuir para minimizar eventos extremos.*

**Abstract.** *This article describes a system for collection and transmission of environmental data using a Wireless Sensor Network. This structure is formed using radios ZigBee / XBee reaching and in employment of hardware and free software. The use of sensors, precision and low cost can increase the scope of the collection in a given region to be monitored. The system consists of micro-controllers captures sensor data and transmit to a station controller and automatically sends them to a research center that will process them. This structure has a low-budget deployment and can cover areas such as a river, dam and aims to facilitate the collection of data that can help reduce extreme events.*

# **1. Introdução**

## **1.1 Necessidades**

Os serviços e centros de meteorologia e hidrologia, Defesa Civil, Setor de Energia Elétrica, Agências de Recursos Hídricos, Sistemas de Alerta e Monitoramento de Desastres Naturais, Agricultura, possuem uma grande necessidade de coletar dados ambientais como chuva, nível de rio, qualidade da água, temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento, etc.

## **1.2 Motivação**

Por exemplo, em algumas cidades do vale do Paraíba no Estado de São Paulo que é uma das regiões mais desenvolvidas tecnologicamente do Brasil a Defesa Civil coleta manualmente lendo os dados de chuva de pluviômetros de leitura manual e transmite via voz por telefone para uma central e posteriormente são transmitidos para um instituto governamental de forma eletrônica (planilha) e com isto ocasionando um atraso de até 04 horas.

Esta proposta tem como objetivo a construção de um protótipo de plataformas que usem Rede de Sensores Sem Fio (RSSF) e usando para sua construção hardware e software livres o que diminuiria seu custo de forma significativa.

Este estudo pretende mostrar o que é possível a construção de um protótipo de RSSF de baixo custo que se comunica entre si usando rádios de baixo custo, mas que tenha qualidade alta na coletas dos dados ambientais e que possam contribuir para uma melhor desenvolvimento econômico, prevenção de desastres e gerando benefícios para a sociedade.

# **2. Rede de Sensores Sem Fio**

## **2.1 O que é?**

Com o avanço dos sistemas micro eletrônicos na comunicação sem fio foi que deu este grande desenvolvimento das Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) que consiste de um grande numero de equipamentos ligados a sensores que transmitem dados ambientais por meio das RSSF. Estas redes podem colaborar para a transmissão dos dados formando assim uma rede que podem cobrir uma grande área a ser pesquisada. As RSSFs podem ser vistas como um tipo especial de rede móvel ad hoc. Numa rede tradicional, a comunicação entre os elementos computacionais é feita através de estações de radio, que constituem uma infra-estrutura de comunicação como a Internet. Por outro lado, numa rede móvel ad hoc os elementos computacionais trocam dados diretamente entre si, as RSSFs tendem a executar uma função colaborativa onde os elementos (sensores) provêem dados, que são processados por nodos especiais chamados concentradores (Dargie, 2010).

## 2.2 ARQUITETURAS DE REDES DE SENSORES SEM FIO

A arquitetura consiste em vários nós em uma rede que são instalados em um ambiente a ser coletados. Em geral, uma rede possui um ou mais nós de fornecimento de dados, chamados de roteadores, e diversos nós sensores. Roteadores são nós que além de transmitirem seus dados encaminham os dados dos nós sensores e por este motivo necessitam estarem sempre ligados sendo assim consomem mais energia e eles fazem a ponte entre os nós sensores ao no concentrador.

Nós sensores contêm uma ou mais unidades de sensoriamento, e possuem limitadas capacidades de processamento e armazenamento.

A pilha de protocolo usada pela RSSF consiste nas camadas de aplicação, transporte, rede, enlace de dados e camada física. A aplicação é responsável por emitir consultas, também chamadas de interesses, que descrevem as características dos fenômenos que o usuário deseja analisar. Interesses devem indicar os tipos de dados desejados, a frequência de coleta, o atraso máximo tolerado, se os dados devem sofrer agregação, limiares a partir dos quais transmiti-los, ou ainda, indicar tarefas a serem realizadas, como a ativação de atuadores (Misra, 2009).

## 2.3 ZigBee (IEEE 802.15.4)

O padrão IEEE 802.15.4 foi homologado com o nome de ZigBee por uma aliança de empresas de diferentes segmentos denominada ZigBee Alliance. Trata-se de uma tecnologia de transmissão e recepção de dados sem fio de curto alcance.

A Digi, um fabricante de componentes para comunicações sem fio, criou uma linha chamada XBee. O XBee é um pequeno, mas completo, transmissor/receptor ZigBee. Há duas versões disponíveis na Digi: o XBee e o XBee PRO. São versões parecidas e perfeitamente compatíveis entre si. A Digi desenvolveu rádios que trabalham na frequência de 2.4 GHz e atingem um alcance máximo de 3,2 km e rádios que trabalham na frequência de 900 MHz e tem alcance máximo de 24 km, este alcance máximo é obtido com o uso de antenas de alto ganho (Farahani, 2009).



Figura 1 - Radio ZigBee / XBee

## **2.4 Funções Básicas dos Rádios ZigBee / XBee**

Nó Coordenador ZigBee - O coordenador é responsável pela inicialização, distribuição de endereços, manutenção da Rede, reconhecimento de todos os Nós, entre outras funções podendo servir como ponte entre várias outras Redes ZigBee.

Nó Roteador ZigBee - Tem as características de um Nó normal na Rede, mas com poderes extras de também exercer a função de roteador intermediário entre nós, sem precisar do Coordenador.

Por intermédio de um roteador uma Rede ZigBee poder ser expandida, e assim ter mais alcance. Na prática um roteador pode ser usado para amplificar o sinal da Rede entre andares de um prédio.

Nó final ZigBee - É onde os atuadores ou sensores serão hospedados. Assim ele é o nó que consome menos energia, pois na maioria das vezes ele fica dormindo (Sleep) (Faludi, 2010).

## **2.5 Topologias de RSSF usando ZIGBEE / XBee**

Mesh (Malha ou Ponto-a-Ponto): Na topologia Mesh a rede pode se ajustar automaticamente, tanto na sua inicialização como na entrada ou saídas de dispositivos na Rede. A Rede se auto-organiza para otimizar o tráfego de dados. Com vários caminhos possíveis para a comunicação entre os nós, este tipo de Rede pode abranger em extensão, uma longa área geográfica, podendo ser implementada numa fábrica com vários galpões distantes; controle de irrigação ou mesmo num prédio com vários andares.

Cluster Tree (Árvore): Semelhante à topologia de Malha, uma Rede em árvore, tem uma hierarquia muito maior e o coordenador assume o papel de nó mestre para a troca de informação entre os nós Router e End Device.

Star (Estrela): É uma das topologias de Rede ZigBee mais simples de serem implantadas, é composta de um nó Coordenador, e quantos nós End Device forem precisos. Este tipo de Rede deve ser instalada em locais com poucos obstáculos à transmissão e recepção dos sinais, como por exemplo, em uma sala sem muitas paredes ou locais abertos.

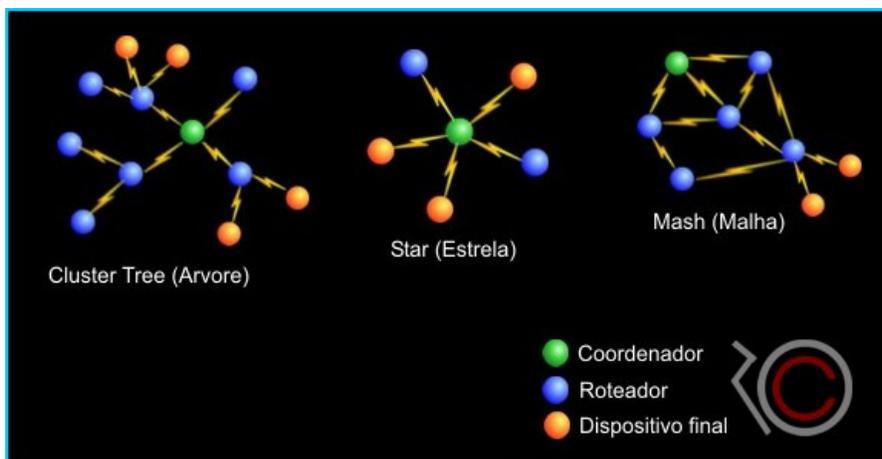


Figura 2 - Topologias de Redes ZigBee

## 2.5 Modos de Operação da Rede ZigBee

**Beaconing** - O tempo todo, os dispositivos com funções de Roteador, transmitem de tempos em tempos, sinalização (beaconing) para tentar confirma sua presença aos outros Roteadores da mesma Rede. Já os outros nós da Rede só precisam está ativos no momento da sinalização, mas esses dispositivos devem ser configurados para perceber o período em que ocorrerá esta sinalização, pois no modo *beaconing* a maioria dos dispositivos permanecem dormindo (Sleep). Nesse modo, o consumo de energia é o mínimo possível (Faludi, 2010).

**Non-Beaconing** - Nesse modo a maioria dos nós dispositivos da Rede permanece sempre com seus receptores ativos, consumindo mais energia. É importante notar, que nesse modo, os dispositivos devem ser alimentados com fontes de energia mais potentes e duradouras que pilhas ou baterias comuns.

## 3. Sensores Ambientais

Os sensores ambientais são os responsáveis por captar os dados das mudanças no meio ambiente e com o avanço da micro-eletrônica surgiram vários sensores de baixo custo e com uma precisão muito boa.

A indústria atual tem se empenhado em projetar sensores pequenos e precisos e que se integram com facilidades a projetos de hardware livre como o Arduino. Hoje existe uma infinidade de sensores que podem monitorar vários tipos de eventos ocorridos no meio ambiente.

O Sensor de temperatura e umidade SHT15 possui uma precisão de +/- 0.3 °C para temperatura e +/- 2% para umidade.



Figura 3 – Sensor de Temperatura e Umidade – SHT15

O Sensor de pressão barométrica SCP1000 possui uma boa precisão.



Figura 4 – Sensor de Pressão – SCP1000

Pluviômetro de balança de baixo custo pode medir com precisão as chuvas ocorridas e transmitir os dados para o micro-controlador.



Figura 5 – Pluviômetro de Balança.

Os sensores ambientais citados acima são de custo baixo e de boa precisão que podem atender de forma correta a coleta de dados ambientais (Faludi, 2010).

#### 4. Hardware e Software Livre

**Hardware livre** é um *hardware* projetado e oferecido da mesma maneira que um software de código livre, o termo foi primeiramente empregado para refletir o lançamento irrestrito de informação sobre o projeto de hardware, tal como um diagrama, estrutura de produtos e dados de *layout* de uma placa de circuito impresso. Com o crescimento dos dispositivos lógicos reprogramáveis, o compartilhamento dos esquemas lógicos de forma aberta também se espalhou. Ao invés de compartilhar as esquemáticas, é o código da linguagem de descrição de hardware que normalmente se divide entre os colaboradores do projeto.

Um dos projetos de maior sucesso de hardware livre é o Arduino que é uma placa com um micro-controlador com entradas e analógicas e digitais que podem ser usados para vários propósitos (McRoberts, 2010). Outro projeto que tem revolucionado o mercado é a placa BeagleBoard que é uma placa micro-processada com um chip Arm Cortex-8 e que tem seu projeto aberto.

**Software livre**, segundo a definição criada pela Free Software Foundation é qualquer programa de computador que pode ser usado, copiado, estudado e redistribuído sem restrições. O conceito de livre se opõe ao conceito de *software* restritivo (*software* proprietário), mas não ao *software* que é vendido almejando lucro (*software* comercial). A maneira usual de distribuição de *software* livre é anexar a este uma licença de *software* livre, e tornar o código fonte do programa disponível (Yaghmour, 2008).

## 5. Plataformas Propostas

### 5.1 Tipos de Plataformas

Este estudo de caso mostra o uso de uma RSSFs com a implantação prevê o uso de estações usando rádios XBee com a frequência de 900 MHz que possuem alcance de até 10 km com pequenas antenas e 24 km com antenas de longo alcance e topologia proprietária ponto a ponto.

### 5.2 Plataforma Concentradora

A plataforma Concentradora é definida como um sistema mais completo em termos de poder de processamento, pois ela é composta de uma placa micro-processada onde roda um sistema operacional embarcado de tempo real e onde serão processados e armazenados os dados recebidos das placas Arduino e transmitidos pelo modem celular ou via porta ethernet quando a mesma tenha a possibilidade de se ligar a internet para a centro de controle ou sala de situação.

Alem de receber os dados da placa Arduino ligada diretamente via porta USB ou serial, ela ira receber e transmitir os dados enviados pelas plataformas Clientes, que transmitiram seus dados por meio dos módulos XBee e que serão recebidos na plataforma Concentradora por meio outro modulo XBee da placa Arduino instalado na plataforma Server como mostra a figura 05.

A plataforma Concentradora pode receber transmissão de varias plataformas Clientes em uma rede com a topologia do tipo ponto para multiponto. Cada plataforma Cliente deve possuir um identificador para que a plataforma Concentradora possa distinguir qual plataforma ele estará recebendo e transmitindo.

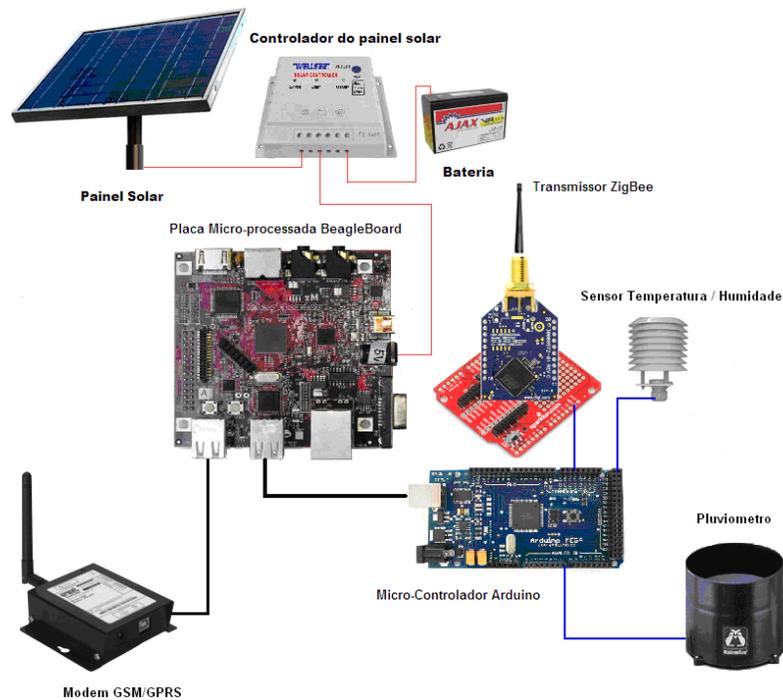


Figura 06 – Plataforma Concentradora

### 5.3 Plataformas Clientes

A plataforma Cliente é um sistema mais simples que a plataforma Concentradora não existe um sistema operacional e sim alguns programas embarcados no Arduino e que tem a função básica é receber os dados dos sensores ligados a suas portas digitais ou analógicas da placa Arduino e transmitir estes dados por meio do modulo XBee integrado ao sistema como mostra a figura 06.

Na transmissão são enviados os dados coletados dos sensores e também é enviada a data e a hora da coleta e identificação daquela plataforma cliente.

Alem de transmitir os dados coletados estes dados são armazenados em um cartão do tipo SD antes de serem transmitidos para a plataforma Concentradora.

As plataformas Clientes a principio devem ficar a uma distancia de ate 10 km da plataforma Concentradora usando um antena dipolo de 2.1 dBm com visada direta, mas com uma antena de alto ganho esta distancia pode chegar a 24 km.

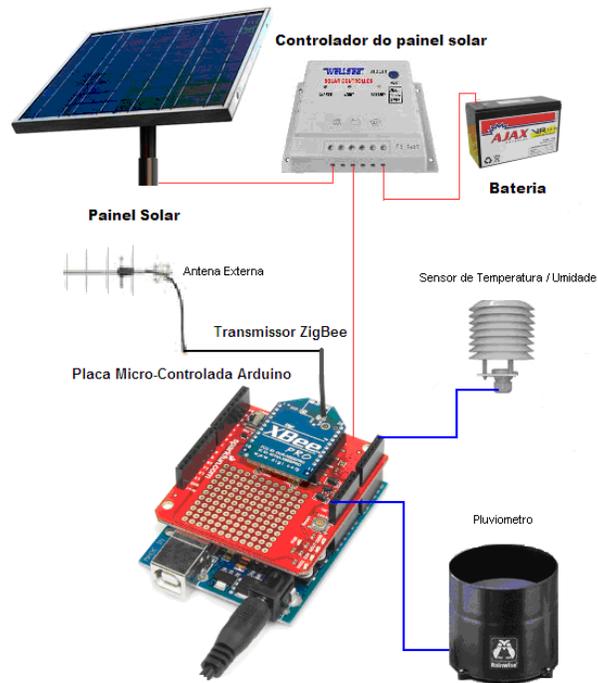


Figura 07 – Plataforma Cliente

## 6. Estudo de Caso de uma RSSF na área ambiental

O princípio do funcionamento desta RSSF é um sistema composto de uma plataforma Concentradora é responsável por receber seus dados coletados e todos os dados das plataformas Clientes que estão próximas ao alcance de sua antena.

A plataforma Concentradora recebe os dados enviados pelos rádios XBee das plataformas Clientes, estes dados são processados e transmitidos via modem celular para uma sala de situação.

Como a plataforma Concentradora esta ligada a um modem celular ela pode ser acessada remotamente e com isto modificar alguns parâmetros de medida dos sensores ou período de coleta e transmissão dos dados.

As plataformas Clientes por serem simples não requerem uma configuração complexa e pode ser configurado uma vez e seu consumo de energia é muito baixo, as estações coletam os dados dos sensores e transmitem via radio XBee para a estação Concentradora.

A transmissão e feita ligando se a saída receptoras (rx) e a transmissora (tx) do Arduino as respectivas saídas dos rádios XBee. O Arduino faz a coleta e envia os dados para que o rádio transmita esta informação para a estação Concentradora (Faludi, 2010).

Do outro lado a estação Concentradora fica lendo suas portas "rx" e "tx" do seu radio XBee para capturar os dados enviados pelas estações Clientes, apos isto os dados são agrupados e enviados ao centro de pesquisas para uma analise mais profunda.

Esta RSSF composta por rádios XBee de 900 MHz pode alcançar distancia maiores e com isto poder cobrir uma área maior usando menos estações.

A grande vantagem deste sistema é sua simplicidade e o baixo custo e o fato que não é necessário instalar várias plataformas completas para monitorar, por exemplo, um trecho de um rio, uma represa ou uma encosta ou gastar com várias plataformas e seus sistemas de transmissão via celular ou satélite e com isto diminuir o custo total de comunicação de um projeto de monitoramento. As placas que compõem as plataformas fazem parte de projetos internacionais de hardware livre e são importadas, mas poderiam ser fabricadas no Brasil, pois seu esquema eletrônico é aberto e isto diminuiria o custo e o acesso a esta tecnologia.

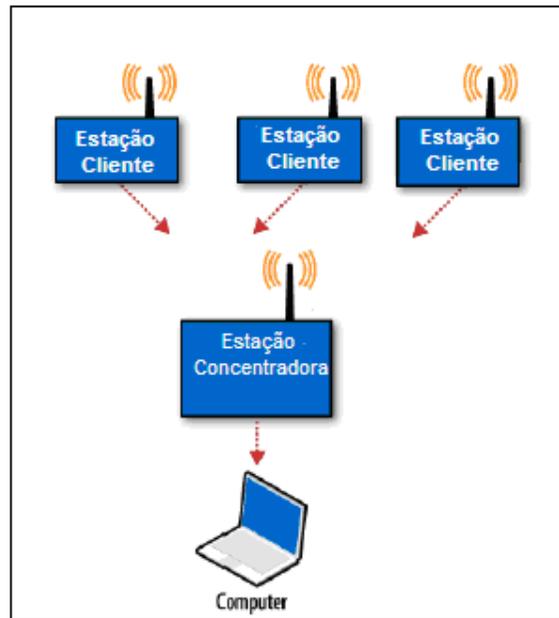


Figura 08 – Sistema RSSF proposto.

## 7. Conclusão

Este artigo apresentou um sistema de uma Rede de Sensores Sem Fio para monitoramento de dados ambientais que emprega hardware e software livres, prontos para ser usados e configurados. Este projeto pode ser implantado com baixo custo e com isto automatizar e mitigar os efeitos de eventos extremos.

## 8. Referências:

Dargie Walteneq, Poellabauer Christian Loubach, (2010).: Fundaments Wireless Sensor Networks – Theory and Practice, Editora Wiley

Misra Sudip ,Woungang Isaac Misra Subhas Chandra (2009): Guide of Wireless Sensor Networks, Editora Springer

Faludi Robert. (2010). Building Wireless Sensor Networks, Editora Oreilly

Yaghmour K. Masters J. Ben-Yossef G. Gerum P. (2008).Building Embedded Linux Systems, Editora O'Reilly Media

Farahani Shahin. (2008). ZigBee Wireless Networks and Transceivers, Editora Newnes

Eady Fred. (2007). Hands-On ZigBee:Implementing 802.15.4 with Microcontrollers, Editora Newnes.

McRoberts Michael (2010). Beginning Arduino, Editora Apress