



XBee/ZigBee  
Wireless

Por: Antônio Rogério Messias

Página 1 de 3 < Home Índice >



## Controle remoto e aquisição de dados via XBee/ZigBee (IEEE 802.15.4)

Para uso particular ou educacional.

Copyright(c) 1999-2007 ROGERCOM

Todos os direitos reservados.



### Introdução

Já imaginou lê dados de um sensor de temperatura, umidade ou quaisquer outros há uma distância de 1600m sem fio (XBee-Pro™), ou maior, com o uso de roteador? Ligar uma luz ou acionar o dispositivo que controla a irrigação do jardim? Ou controlar um braço robótico remotamente? Ou melhor, criar uma Rede de dispositivos e sensores que conversem entre si ou com a Base, de forma coordenada? E ainda, se desejasse de tempos em tempos fazer leituras de vários sensores em locais distintos e, se a quantidade de sensores fossem muitos, vamos se dizer, em torno de 50 ou mesmo 500..., ou quem sabe 65.000 ou mais? E que a duração das baterias fosse de suma importância para o sucesso do projeto? A solução atualmente ideal para isso é o ZigBee. E se não existisse o tal ZigBee? Então você provavelmente iria partir para àqueles módulos RF 315MHz, 492MHz... "\*@#+}w#\$\$%Hzppmxxxxxx...", sem nenhum protocolo padrão entre fabricantes, sem o conceito de Rede, economia de energia, segurança etc, etc, etc.

Tudo tem seu tempo e o ZigBee chegou na hora certa, pois o emaranhado de fios em certos setores das indústrias e residências parecem mais um alambrado.

Nesse pequeno artigo irei mostrar algumas características de funcionamento dos módulos XBee (ZigBee IEEE 802.15.4) fabricados pela MaxStream®, mas antes irei falar um pouco sobre o ZigBee que é a base do XBee™.

A comunicação sem fio (ou wireless) já está inclusa na sociedade há anos como as Redes WLANs, WMANs, WWANs, todas voltadas para usuários finais de pequenas, médias e grandes empresas, onde o objetivo é a transferência de grandes volumes de dados e voz em altas velocidades. São poucas as Redes wireless destinadas exclusivamente ao controle de dispositivos como relês, trancas eletromagnéticas, ventilação, aquecimento, motores, eletrodomésticos, brinquedos, aquisição de dados de sensores, como temperatura, luminosidade, umidade, pressão etc. Dentre as Redes WPAN (Wireless Personal Area Network) existentes, a mais recente e promissora é a que usa o padrão ZigBee IEEE 802.15.4. A ZigBee Alliance é quem desenvolve o padrão ZigBee junto ao IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), através da associação de várias empresas, que juntas, trabalham em conjunto para proporcionar e desenvolver tecnologias para criar um padrão de baixo consumo de energia, baixo custo, segurança, confiabilidade, e com funcionamento em rede sem fios baseado em uma norma aberta global.

Atualmente a ZigBee Alliance está incluindo novos e mais abrangentes recursos, possibilitando que os fabricantes aumentem significativamente a capacidade da ZigBee, fazendo com que sua posição de liderança continue firme e crescente no mercado de Redes para controle de dispositivos sem fio. Há hoje, mais de 300 empresas associadas a ZigBee Alliance em vários países e com um crescimento expansivo.

A ZigBee permite comunicações robustas e opera na frequência **ISM** (Industrial, Scientific and Medical), sendo na Europa de 868 MHz (1 canal), 915 MHz (10 canais) nos Estados Unidos e 2,4 GHz (16 canais) em outras partes do mundo, e não requerem licença para funcionamento. As Redes ZigBee oferecem uma excelente imunidade contra interferências, e a capacidade de hospedar milhares de dispositivos numa Rede (mais que 65.000), com taxas de transferências de dados variando entre 20Kbps a 250Kbps. O Protocolo ZigBee é destinado a aplicações industriais, portanto, o fator velocidade não é crítico numa implementação ZigBee.

Os módulos RF padrão ZigBee foram criados para economizar ao máximo energia. Com isso, é possível criar dispositivos sensores remotos alimentados com pilhas ou baterias comuns, que durarão meses ou mesmo anos sem precisarem ser substituídas. Isso porque, os módulos ZigBee quando não estão transmitindo/recebendo dados, entram num estado de dormência ou em "Sleep", consumindo o mínimo de energia.

## **TOPOLOGIAS DE REDES ZIGBEE**

Numa Rede ZigBee são identificados dois tipos de dispositivos: FFD e RFD.

**FFD - Full Function Device (Dispositivos de Funções Completas)** - São dispositivos mais complexos e precisam de um hardware mais potente para a implantação da pilha de protocolos, conseqüentemente, consomem mais energia. Numa topologia de Rede ZigBee eles podem assumir o papel de Coordenador, Roteador ou mesmo de um dispositivo final (End Device). Dispositivos **FFDs** podem se comunicar com quaisquer membros da Rede. São implementados em microcontroladores com no mínimo 32KB de memória de programa e ter uma certa quantidade de memória RAM, para implementações de tabelas de rotas e configurações de parâmetros.

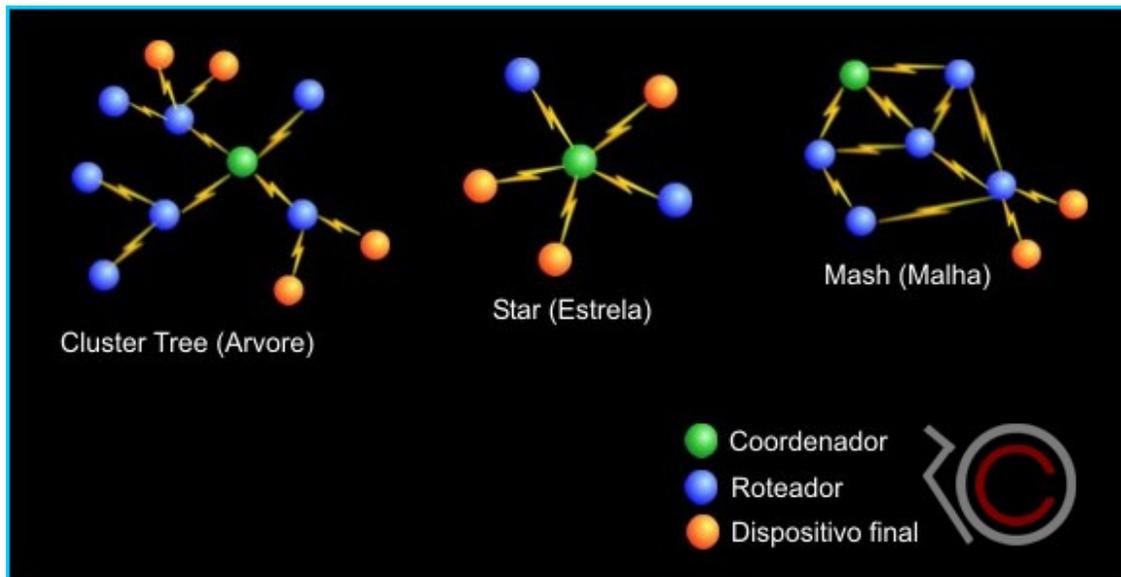
**RFD - Reduced Function Device (Dispositivos de Funções Reduzidas)** - São dispositivos mais simples, onde sua pilha de protocolo pode ser implementada usando os mínimos recursos possíveis de hardware, como por exemplo, em microcontroladores de 8 bits com memória de programa próxima a 6KB, mas só podem se comunicar com dispositivos **FFDs** (Coordenador ou Roteador). Numa topologia de Rede ZigBee eles assumem o papel de End Device (dispositivo final). Na prática podem ser: interruptores de iluminação, dimmers, controle de relês, sensores, entre outros. No padrão ZigBee existem três classes de dispositivos lógicos (Coordenador, Roteador e Dispositivo final) que definem a Rede:

 **ZC - ZigBee Coordenador (Coordenador ZigBee)** - Só pode ser implementado através de um dispositivo FFD. 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.

 **ZR - ZigBee Router (Roteador ZigBee)** - Só pode ser implementado através de um dispositivo FFD. 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.

 **ZED - ZigBee End Device (Dispositivo final ZigBee)** - É onde os atuadores ou sensores serão hospedados. Pode ser implementado através de um dos dispositivos FFD ou RFD. Assim ele é o nó que consome menos energia, pois na maioria das vezes ele fica dormindo (Sleep).

**Figura 1 - Topologias de Redes ZigBee**



### Curiosidade ZigBee - O Ziguezague das abelhas (Bee).



O nome ZigBee foi criado a partir da analogia entre o funcionamento de uma Rede em Malha, e o modo como as abelhas trabalham e se locomovem. As abelhas que vivem em colméia voam em **Zig...Zag**, e dessa forma, durante um vôo a trabalho em busca de néctar, trocam informações com outros membros da colméia sobre, distância, direção e localização de onde encontrar alimentos. Uma Malha ZigBee dispõe de vários caminhos possíveis entre cada nó da Rede para a passagem da informação, assim, é possível eliminar falhas se um nó estiver inoperante, simplesmente mudando o percurso da informação.

**Mash (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 trafego 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.

### ⦿ 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.

**Non-Beaconing** - Nesse modo a maioria dos nós dispositivos da Rede permanecem 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.

📡 **Veja abaixo alguns tipos de aplicações onde o padrão ZigBee pode ser empregado:**

**Figura 2- Aplicação do ZigBee em várias áreas da sociedade**



### Redes de controle e sensores sem fio:

- Sensor de umidade;
- Sensor de temperatura;
- Sensor de velocidade do vento;
- Sensor de direção do vento;
- Sensor de pressão atmosférica;
- Controle de iluminação; ;
- Controle de aquecimento;
- Controle de Ventilação;
- Controle de Irrigação;
- Alarmes;
- Controle de cancelas;
- Controle de portas e portões; .
- Aplicações automotivas;

**Observação:** Como o ZigBee™ é um padrão mundial, e normalizado pelo IEEE, o fabricante de um dispositivo ZigBee™ **x** poderá se comunicar com um dispositivo de um outro fabricante **y**. Por exemplo, um dispositivo XBee™ da MaxStream® não terá dificuldades em se comunicar com um

dispositivo do fabricante Microchip™, ou de quaisquer outros fabricantes.

### **Mais informações:**

<http://www.zigbee.org>

<http://www.maxstream.net/>



### **📶 Módulos ZigBee/XBee da MaxStream®**

Há várias empresas membros na ZigBee Alliance, e cada uma disponibiliza no mercado o seu produto baseado na pilha de protocolo ZigBee e, dentre todas elas, a que tomei conhecimento primeiro foi a MaxStream®, através de um email que recebi, onde nesse email havia um ilustração de uma área agrícola irrigada, e alguns módulos de dispositivos em Rede. Pelo interesse que tenho em automação de controle e sensoriamento, de preferência sem fios, dei início às minhas pesquisas e estudos sobre os módulos wireless da MaxStream®. Na verdade são módulos ZigBee™ excelentes, com vários recursos extras e muito fáceis de usar. Segue a partir daqui, alguns experimentos que fiz com os módulos XBee™ e XBee-Pro™ da MaxStream®.

**Figura 3 - Tipos de antenas dos módulos XBee**



Nos módulos XBee/XBee-Pro™ há três opções de antenas: tipo **Chicote** (um pedaço de fio de ~2,5 cm) - **Conector** (para antena externa), e tipo **Chip** a mais compacta. Com o dos tipos **Chicote** e **Externa** é possível direcionar o feixe de sinal, e assim, melhorar a performance da Rede.

Quando for adquirir um módulo XBee/XBee-Pro™, veja antes qual o tipo de antena melhor se adequará ao seu projeto.

Veja abaixo mais características e diferenças entre os módulos OEM XBee™ e XBee-Pro™ da MaxStream®:

### **📶 XBee™:**

#### **Performance**

- Rendimento da Potência de saída: 1 mW (0 dBm);
- Alcance em ambientes internos/zonas urbanas: 30m;
- Alcance de RF em linha visível para ambientes externos: 100m;
- Sensibilidade do receptor: -92 dBm;

- Frequência de operação: ISM 2.4 GHz;
- Taxa de dados de RF: 250.000 pbs;
- Taxa de dados da Interface (Data Rate): 115.200 pbs;

#### **Alimentação**

- Tensão de alimentação: 2.8 à 3.4v;
- Corrente de transmissão (típico): 45 mA @ 3.3 V;
- Corrente de Recepção (típico): 50 mA @ 3.3 V;
- Corrente de Power-down Sleep: <10 µA;

#### **Propriedades físicas**

- Dimensões: (2.438cm x 2.761cm);
- Peso: 0.10 oz (3g);
- Temperatura de operação: -40 to 85° C (industrial);
- Opções de antena: Conector U.FL RF, Chip ou Chicote (whip);

#### **Rede**

- Tipo de espalhamento espectral: DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum);
- Manipulação de erro: Retransmite novamente (Retries) & reconhecimento (acknowledgements);
- Topologia de Rede: Peer-to-peer(Par-a-par), ponto-a-ponto, ponto-a-multiponto e malha;
- Endereçamento: 65.000 endereços de rede disponíveis para cada canal;
- Opções de filtros: PAN ID, canais e endereços;
- Criptografia: 128-bit AES;
- Número de canais selecionáveis via software: 16 canais de seqüência direta;

#### **Geral**

- Faixa de frequência: 2.4000 - 2.4835 GHz;

### **XBee-Pro™:**

#### **Performance**

- Rendimento da Potência de saída: 60 mW (18 dBm), 100 mW EIRP;
- Alcance em ambientes internos/zonas urbanas: 100m;
- Alcance de RF em linha visível para ambientes externos: 1,6Km;
- Sensibilidade do receptor: -100 dBm (1% PER);
- Frequência de operação: ISM 2.4 GHz;
- Taxa de dados de RF: 250.000 pbs;
- Taxa de dados da Interface (Data Rate): 115.200 pbs;

#### **Alimentação**

- Tensão de alimentação: 2.8 à 3.4v;
- Corrente de transmissão (típico): 215 mA @ 3.3 V;
- Corrente de Recepção (típico): 55 mA @ 3.3 V;
- Corrente de Power-down Sleep: <10 µA;

#### **Propriedades físicas**

- Dimensões: (2.438cm x 3.294cm);
- Peso: 0.10 oz (3g);
- Temperatura de operação: -40 to 85° C (industrial);
- Opções de antena: Conector U.FL RF, Chip ou Chicote (whip);

#### **Rede**

- Tipo de espalhamento espectral: DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum);
- Manipulação de erro: Retransmite novamente (Retries) & reconhecimento (acknowledgements);
- Topologia de Rede: Peer-to-peer(Par-a-par), ponto-a-ponto, ponto-a-multiponto e malha;
- Endereçamento: 65.000 endereços de rede disponíveis para cada canal;
- Opções de filtros: PAN ID, canais e endereços;
- Criptografia: 128-bit AES;
- Número de canais selecionáveis via software: 12 canais de seqüência direta;

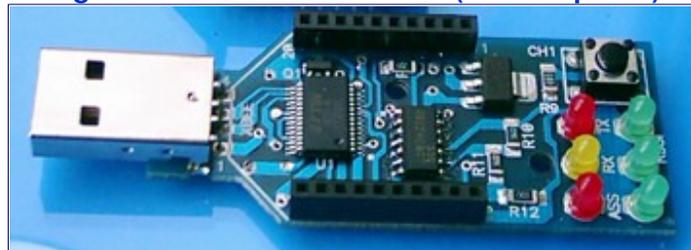
#### **Geral**

- Faixa de frequência: 2.4000 - 2.4835 GHz;

### **Adaptador/Conversor USB - XBee/XBee-Pro™**

Para facilitar a conexão do módulo Base XBee/XBee-Pro™ ao computador, seja para atualização do firmware ou mesmo para fazer coleta de dados ou controle, através dos módulos remotos, a Rogercom desenvolveu a placa CON-USBEE, com facilidade de conexão estilo Pen drive. Veja nas figuras abaixo algumas fotos ilustrativas:

**Figura 4 - Placa CON-USBEE (visão superior)**



A placa CON-USBEE aceita tanto o módulo XBee™ como o XBee-Pro™, como são totalmente compatíveis, Redes ZigBee podem ser construídas com ambos os módulos, simultaneamente.

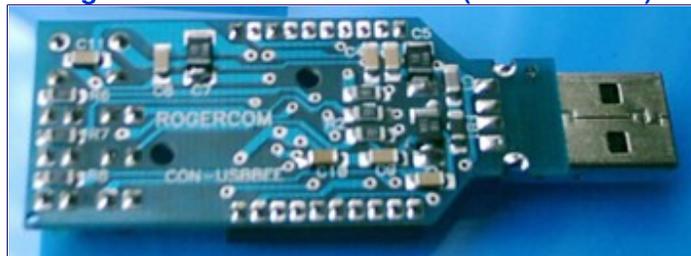
A placa CON-USBEE usa um chip conversor USB/Seria; regulador de tensão LDO (baixa queda de tensão), comparador de tensão conectado aos LEDs (RSSI) que simulam a força do sinal de RF; LEDs indicadores de TX, RX, módulo ligado (ASS), e um micro-botão para "resetar" o módulo XBee/XBee-Pro™.

**Figura 5 - Botão Reset e LEDs indicadores da placa CON-USBEE**

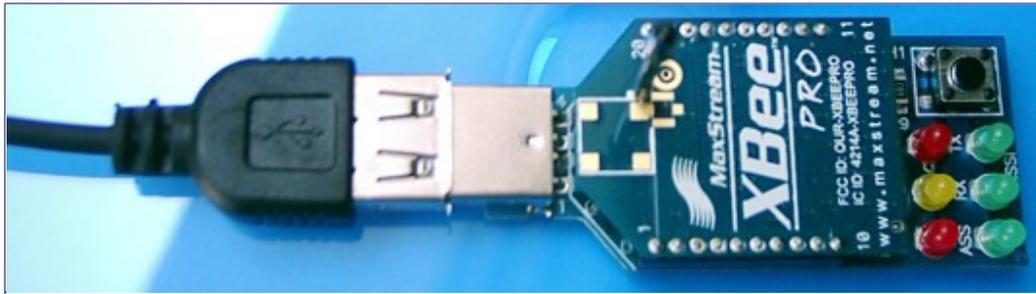


Ao instalar no computador o driver USB para (Windows 98, ME, 2000, XP, Vista, x64 e também para Linux e Mac) que acompanha a placa, o windows cria uma porta COMx virtual quando a placa CON-USBEE é plugada. Assim, é possível através de um programa (escrito em C/C++Builder, Delphi, VB, Java, C#, etc), se comunicar com a placa como se fosse uma comunicação serial padrão RS232. Também é possível acessar a placa através de uma DLL, que oferece mais recursos na programação.

**Figura 6 - Placa CON-USBEE (visão inferior)**

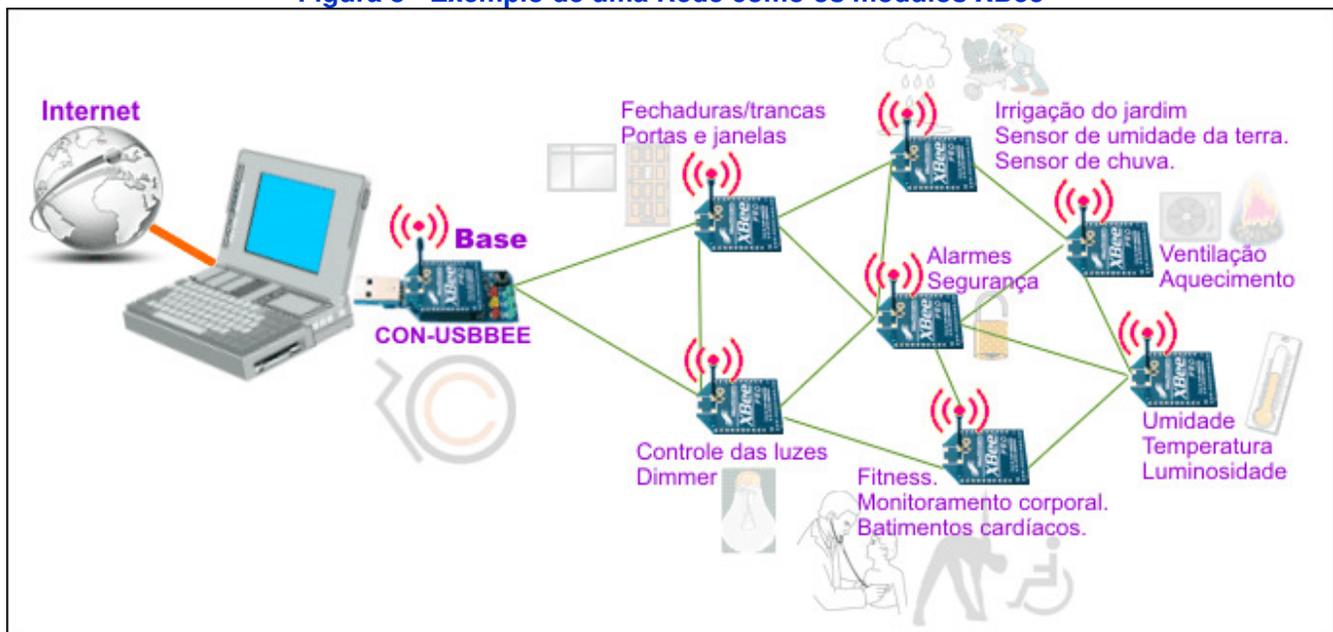


**Figura 7 - Placa CON-USBEE (com cabo extensor)**



Se o computador onde a placa CON-USBEE for conectada estiver com a parte traseira muito próxima à parede, ou de outro obstáculo, usa-se um cabo USB expensor, tipo "A" macho / "A" fêmea, conforme mostra a *Figura 7* acima.

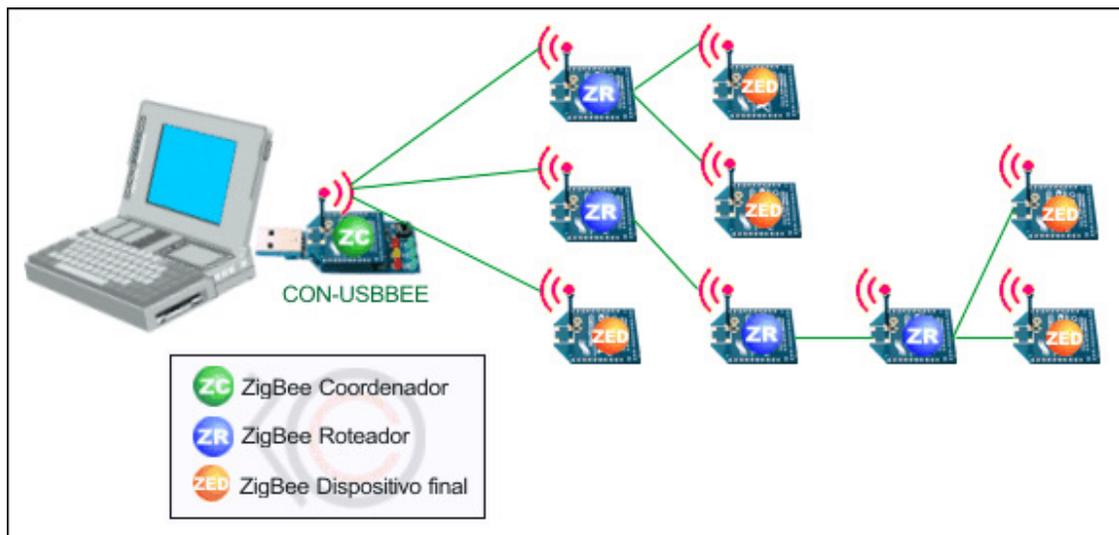
**Figura 8 - Exemplo de uma Rede como os módulos XBee**



Os módulos XBee/XBee-Pro™ já saem de fábrica prontos para trabalharem numa Rede ponto-a-ponto, ou seja, todos os módulos podem se comunicar entre si, sem que seja necessária uma única configuração.

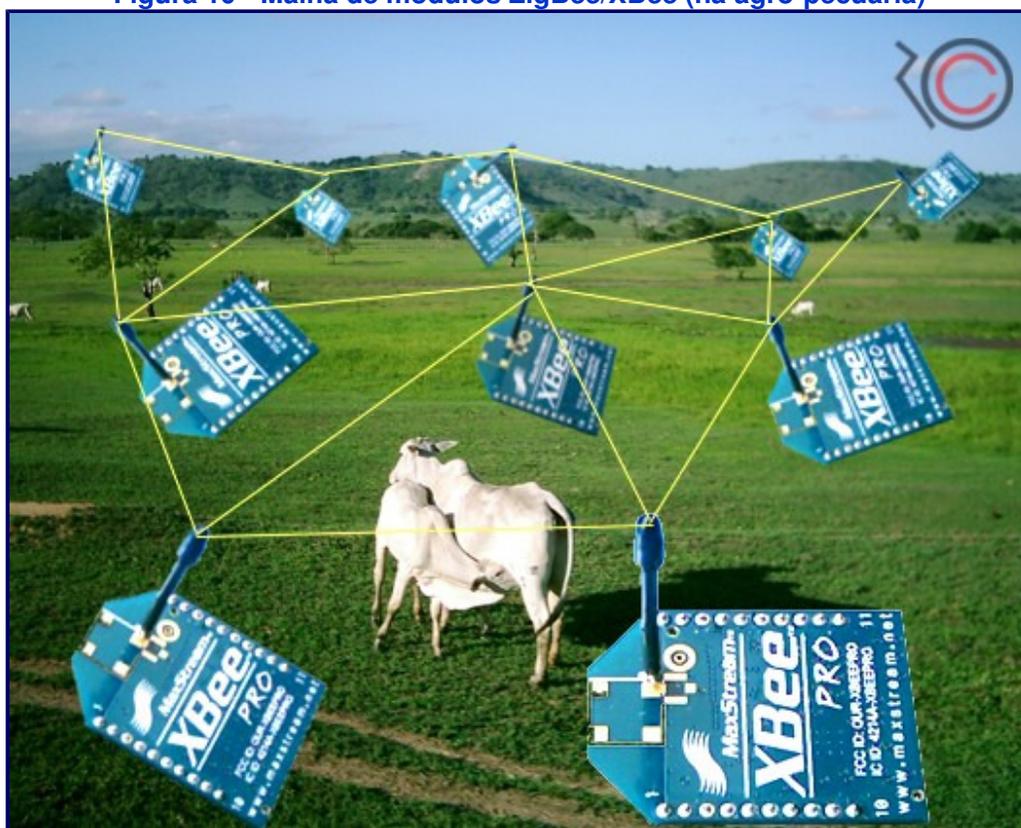
Se precisar mudar quaisquer parâmetros de configuração dos módulos XBee/XBee-Pro™, a MaxStream disponibiliza gratuitamente para download no seu site, o Aplicativo **X-CTU** que dispõe de recursos para diagnósticos e atualização do firmware dos módulos XBee/XBee-Pro™.

**Figura 9 - Exemplo de uma Rede com módulos XBee configurados como ZC, ZR e ZED**



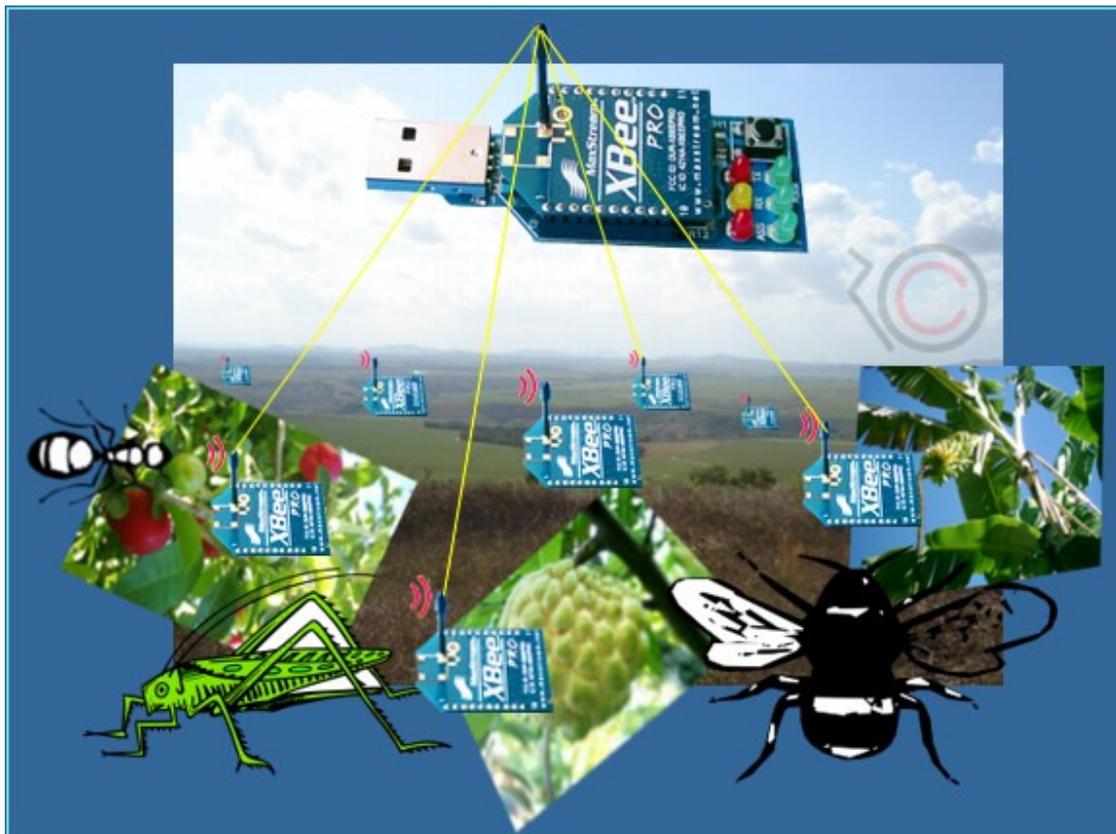
Na figura acima temos vários módulos XBee configurados em topologia Árvore, desses, somente um pode ser o coordenador (ZC) da Rede, os outros módulos podem ser Roteadores (ZR) ou Dispositivos finais (ZED), onde os atuadores e sensores serão conectados para exercerem suas funções.

**Figura 10 - Malha de módulos ZigBee/XBee (na agro-pecuária)**



Numa fazenda de gados ou mesmo em um haras, é possível instalar uma Rede ZigBee numa topologia em Malha para monitorar sensores, instalando em vários locais, e assim obter informações de uma vasta área da fazenda, como nível de água dos açudes, rios, ou bebedouros, detecção de arames rompido na cerca, saber o local onde os animais permanecessem mais tempo pastando, controlar a irrigação do pasto, controlar o abre/fecha de cancelas, etc.

**Figura 11 - Rede ZigBee/Xbee para obtenção de dados sobre pragas numa plantação**



Através de uma Rede ZigBee de sensores tais como: umidade relativa do ar, umidade do solo, pressão atmosférica, temperatura do ar, temperatura do solo, luminosidade, velocidade do vento, direção do vento e quantidade de chuva num certo intervalo de tempo, é possível após a obtenção dos dados, cruzar os mesmos com informações do tipo: data, hora, estação do ano, tipo de plantação, tipo do solo da região, fases da lua, entre outras, e assim gerar um relatório de informações precisas sobre o porque e quando certas pragas se proliferarão na plantação.

Após as análises das informações, fica fácil para um profissional agrônomo, detectar e dar uma solução ao problema na plantação.

**PRÓXIMA PÁGINA EM EDIÇÃO, AGUARDE!...**



<http://www.rogercom.com>

© Copyright, 1999-2007 ROGERCOM - Antonio Rogério Messias - [rogercom@rogercom.com](mailto:rogercom@rogercom.com)  
Todos os Direitos Reservados - All Rights Reserved.