

Uma análise sistemática da rede sem fio *ZIGBEE*: proposta de uso na plantação de café

César Augusto de Andrade Lima, Luís Augusto Mattos Mendes

Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC)
Faculdade Regional de Ciências Exatas e Sociais de Barbacena
(FACEC) Campus Magnus – Rua Palma Bageto Viol, s/nºCampolide
CEP: 36.200-108 – Barbacena – MG – Brasil

cesalima@gmail.com, luisaugustomendes@yahoo.com.br

Resumo. O *ZigBee* é um padrão que foi desenvolvido para se tornar uma alternativa de comunicação em redes que não necessitem de soluções mais complexas para seu controle, barateando assim os custos com a aquisição, instalação, manutenção de equipamentos e mão de obra. Trata-se de uma tecnologia relativamente simples, que utiliza um protocolo de pacotes de dados com características específicas, sendo projetado para oferecer flexibilidade quanto aos tipos de dispositivos que pode controlar. Este artigo tem como finalidade analisar a viabilidade e propor a implantação de dispositivos *ZigBee* nas lavouras de café a fim de monitorar a temperatura e a umidade relativa do ar nas áreas de plantação.

Palavra chave: *ZigBee*; monitoramento; plantação de café.

1. Introdução

Atualmente estão surgindo diversos padrões de redes sem fio, sejam eles para controlar pequenos aparelhos eletrônicos ou até mesmo máquinas pesadas em diversas empresas. *ZigBee*, ou IEEE 802.15.4, designa uma tecnologia de redes sem fio ainda em fase de desenvolvimento, que pretende realizar a interligação de pequenas unidades de comunicações de dados em áreas muito limitadas.

Em uma rede *ZigBee* os dispositivos podem permanecer por longos períodos sem se comunicar com outro dispositivo, seu tempo de acesso conectado é de 30 milissegundos. Por essas características que a tecnologia do *ZigBee* é muito econômica em relação ao consumo de energia, podendo durar muito mais tempo que outros dispositivos de comunicação sem fio. Foi desenvolvida para poder ligar pequenas unidades de recolha de dados recorrendo a sinais de rádio frequência não licenciados. [1]

A tecnologia utilizada é comparável às redes *Wi-Fi* e *Bluetooth* e diferencia-se destas por desenvolver menor consumo de energia, e as comunicações entre duas unidades podem ser repetidas sucessivamente pelas unidades existentes na rede até atingir o destino final. Assim, todos os pontos da rede funcionam como retransmissores de informação, uma malha (*Mesh*) de unidades *ZigBee* pode realizar-se numa extensão doméstica ou industrial sem necessidade de utilizar ligações elétricas entre elas. [2]

Desta forma existe a necessidade de se estudar qual o melhor padrão para se adotar em determinada aplicação, a fim de resguardar o melhor funcionamento e desempenho do sistema, bem como a possibilidade de sua implantação na lavoura de café frente às novas necessidades do mercado.

A Figura 1 [3] mostra um exemplo de uma rede sem fio, onde vários aparelhos estão comunicando entre si através de um roteador. Onde um computador pode acessar dados que estão contidos em outro computador da rede e também pode imprimir alguma documento através da impressora que está ligada na rede.



Figura 1 – Exemplo de uma rede sem fio

Neste artigo serão abordados diversos aspectos sobre a tecnologia *ZigBee*, os equipamentos desse padrão utilizados para monitoramento e sua possível utilização para monitorar a plantação de café. Na seção 2 será feita uma abordagem mais detalhada sobre o *ZigBee*, onde serão abordados assuntos como tipos de rede em que ele trabalha e o protocolo utilizado por ele. Na seção 3 iremos ver os equipamentos que possuem a tecnologia *ZigBee* estudados para esta proposta, e na seção 4 será discutido a proposta de utilização da rede *ZigBee* na plantação de café.

2. *ZigBee*

O padrão *ZigBee* foi desenvolvido para se tornar uma alternativa de comunicação em redes que não necessitem de soluções mais complexas para seu controle, barateando assim os custos com a aquisição, instalação de equipamentos, manutenção e mão-de-obra. Trata-se de uma tecnologia relativamente simples, que utiliza um protocolo de pacotes de dados com características específicas, sendo projetado para oferecer flexibilidade quanto aos tipos de dispositivos que pode controlar. [4]

Como um padrão de rede sem fio de baixo consumo e curto alcance, o *ZigBee*, vem ao mercado tecnológico para tratar de ações de monitoramento e controle. É uma tecnologia nova homologada pela IEEE em 2003, que corresponde ao padrão IEEE 802.15.4 para redes WPAN (*Wireless Personal Area Network*) com o intuito de possibilitar um controle seguro, de baixo custo e de baixa potência em redes sem fio para diversos equipamentos, incluindo soluções para a utilização de redes de sensores. O *ZigBee Alliance* é um grupo formado por várias empresas dentre elas Motorola, Philips, Mitsubishi Electronic Industrial, Agere Systems, Adcon, Telemetry AG e muitas outras. [1]

Os dispositivos baseados na tecnologia *ZigBee* operam na faixa ISM (indústria, científica e médica) que não requer licença para funcionamento, incluindo as faixas de 2,4GHz (Global), 915Mhz (América) e 868Mhz (Europa) e com taxas de transferência de dados de 250kbps, 40kbps e 20kbps respectivamente.[1]

Atualmente os dispositivos *Zigbee* podem atuar em distância que varia aproximadamente de 10 a 100 metros e de 100 metros a 1,6 quilômetros, variando de acordo com as características dos dispositivos utilizados. [1]

Quanto ao problema de alimentação dos dispositivos, os módulos de controle dotados com esta nova tecnologia podem ser alimentados até mesmo por baterias (pilhas) comuns, sendo que sua vida útil está relacionada diretamente com a capacidade da bateria e a aplicação a que se destina. Nesse aspecto, o protocolo *ZigBee* foi projetado para suportar aplicações com o mínimo de consumo (com pilhas comuns, um dispositivo pode funcionar até 6 meses).[5]

2.1. Topologia da rede

Podemos identificar dois tipos de dispositivos em uma rede *ZigBee*, definidos pelo IEEE 802.15.4: [6]

* *Full Function Device* (FFD) – 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. Podem funcionar em qualquer que seja a topologia da rede, desempenhando a função de coordenador da rede e conseqüentemente ter acesso a todos os outros dispositivos;

* *Reduced Function Device* (RFD) – Dispositivos de Funções Reduzidas são dispositivos mais simples, onde sua pilha de protocolo pode ser implementada usando os mínimos recursos possíveis de hardware. É limitado a uma configuração com topologia em estrela, não podendo atuar como coordenador da rede. Pode apenas comunicar-se com um coordenador de rede;

No *Zigbee* é importante detalhar cada uma das topologias de rede admitidas, sendo as topologias encontradas em estrela, em árvore e em malha. Os principais componentes integrantes dessa rede são o coordenador (coordinator), os roteadores (routers) e os clientes.

A Figura 2 [5] mostra a topologia em estrela, é a topologia mais simples, indicada para ambientes que ofereçam poucos obstáculos de transmissão. Essa topologia deixa a cargo do *ZigBee Coordinator* todo o controle da rede, assumindo este um papel central e de comunicação direta com todos os dispositivos finais (*Endpoint*). É, portanto, o *Coordinator* que inicia e mantém os dispositivos na rede fazendo com que toda a informação em circulação na rede passe pelo nó *Coordinator*. [4]

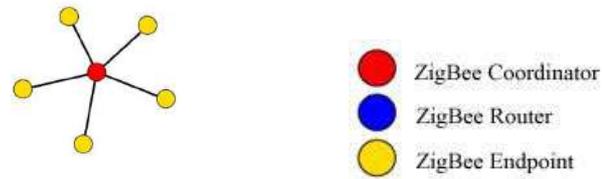


Figura 2 - Topologia de rede: Estrela

A Figura 3 [5] mostra a topologia em malha, onde os dispositivos do tipo FFD (*Coordinator/Routers*) são livres de comunicar com outro dispositivo FFD. Isto permite, quando necessária, a expansão física da rede possibilitando um maior alcance. O *Coordinator* registra toda a entrada e saída de dispositivos, mas não assume um papel tão importante em termos de fluxo de informação como na configuração anterior.

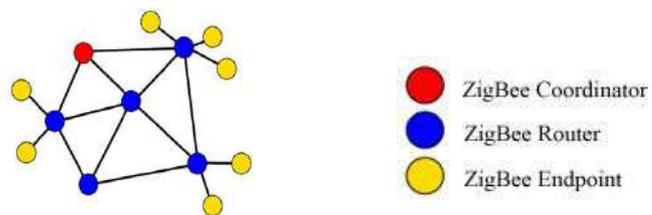


Figura 3. Topologia de rede: Malha

A Figura 4 [5] mostra a topologia em árvore, que apresenta semelhança à rede em malha, na topologia em árvore também são usados dispositivos *Router*(Roteadores). No entanto, nesta topologia efetua-se a distribuição de dados e mensagens de controle numa estrutura hierárquica onde o *Coordinator* assume o papel de nó “nuclear” da rede, ou seja, ele é o nó central da rede, onde este recebe a transmissão de dados dos dispositivos roteadores da rede.

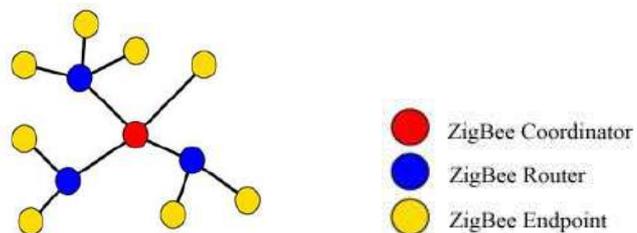


Figura 4 - Topologia de rede: Árvore

A Figura 5 [7] mostra um exemplo de uma rede *ZigBee*, onde se obtém um controle de diversos dispositivos através de dispositivos funcionando no padrão *ZigBee*. Nesse modelo, por exemplo, você através de um dispositivo controlador como um controle remoto, você pode ligar ou desligar o aparelho de som, apagar ou acender a luz sem precisar sair do lugar.

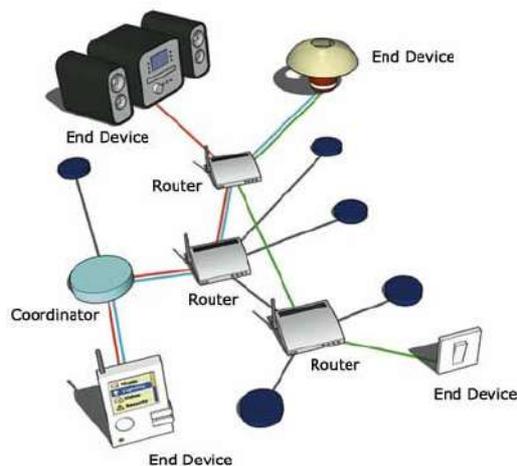


Figura 5 – Rede *ZigBee*

2.2 Protocolo

A publicação do padrão IEEE 802.15.4, definiu interfaces com baixas taxas de transmissão (menores que 250kbps) e estabeleceu uma estrutura de rede que incorpora os conceitos de redes *ad hoc*, características de conexão em malha e em multi-hop (múltiplos saltos). Adicionalmente, novos algoritmos de segurança e perfis de aplicação foram definidos objetivando garantir a segurança e a perfeita interação entre os diversos equipamentos. [6]

Com o intuito de ainda melhorar este padrão, foram desenvolvidos algoritmos de segurança para garantir uma melhor interação entre os vários dispositivos que podem ser conectados a uma rede *ZigBee*. Além dos algoritmos de segurança, foram definidos também perfis de aplicação para que esta interação se tornasse mais objetiva.

A Figura 6 [6] mostra o protocolo de pacotes de dados utilizado pelo *ZigBee*, este com características específicas, o que o torna simples, fazendo com que ele possua a transferência confiável de dados com níveis apropriados de segurança. As camadas de protocolo das redes sem fio *ZigBee* podem ser definidas em 5 camadas, abaixo a definição de cada uma dessas camadas:

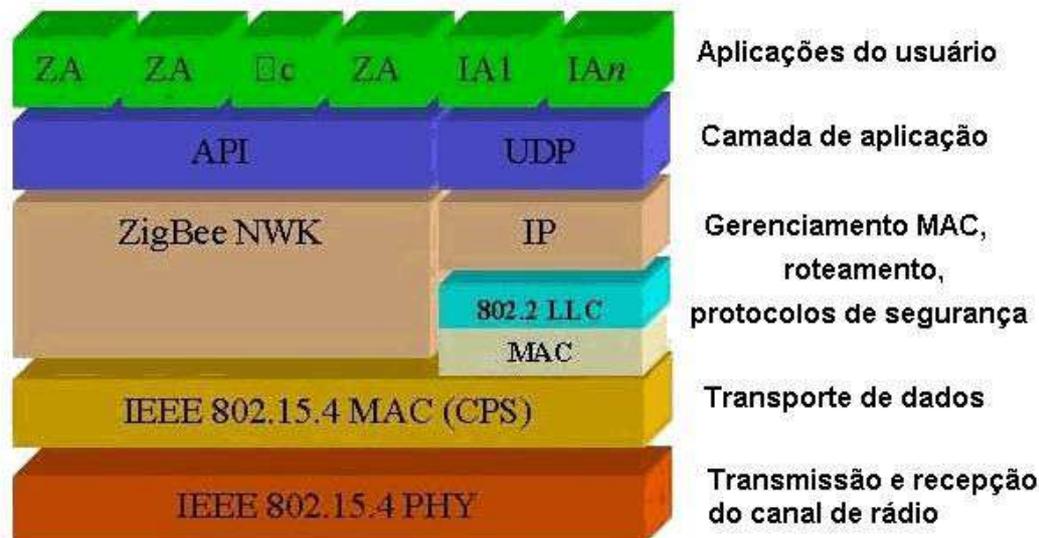


Figura 6 – Protocolo

- PHY (*Physical Layer*) – camada definida pelo padrão IEEE 802.15.4, esta é a camada física que foi projetada para acomodar as necessidades de interfaces de baixo custo, permitindo níveis elevados de integração. A DSS (*Direct Sequence Spread*) é a técnica de transmissão de seqüência direta usada nesta camada e que tem como objetivo permitir que os equipamentos nas redes *ZigBee* sejam muito simples, possibilitando implementações mais baratas. [5]
- MAC (*Media Acces Control*) – camada também definida pelo padrão IEEE 802.15.4, foi projetada com o intuito de permitir topologias múltiplas com baixa complexidade, o que se torna um ganho, pois o gerenciamento de energia não precisará de modos de operação complexos. Nesta camada, os dispositivos que se encontrarem na rede como RFD (cliente), ou seja, como um dispositivo de funcionalidade reduzida, podem funcionar na rede sem a necessidade de grandes níveis de memória disponíveis, sendo que estes ainda podem controlar um grande número de dispositivos sem a necessidade de colocá-los em “modo de espera”. [5]
- Rede NWK (*Network*) / Segurança (*Security Service Provider*) – camada desenvolvida pela *ZigBee Alliance*, é composta por outras duas camadas, uma delas é a camada de rede ou NWK (*Network*) e a outra é a camada de segurança ou SSP (*Security Service Provider*). A NWK visa balancear os custos das unidades em aplicações específicas, procurando desenvolver uma solução específica de custo-desempenho para cada aplicação, isto tudo feito através de um algoritmo que permite implementações da pilha de protocolos. Na SSP o objetivo é fornecer serviços de segurança, esses serviços têm como objetivo prover confidencialidade, integridade e autenticidade, aonde acontece o estabelecimento e troca chaves de segurança, fazendo o uso destas para fazer as comunicações. A SSP não fixa os serviços de segurança em sua camada, pois

camadas como MAC, NWK e APS precisam desses serviços para fornecer a segurança em cada nível.[5]

- Suporte a Aplicação – camada também desenvolvida pela *ZigBee Alliance*, também conhecida como APS (*Application Support Sublayer*), esta é a camada responsável pelo envio de dados aos diferentes pontos da rede (nós) que se encontram em funcionamento. [5]
- Aplicação / Perfil – esta camada é definida pelo usuário, ou seja, pelo fabricante do dispositivo *ZigBee*, que produz a aplicação do dispositivo que irá usar as funcionalidades disponíveis na camada de Suporte a Aplicação para haver a comunicação entre as várias aplicações dos usuários. [5]

A Figura 7 [8] mostra uma topologia em árvore onde pode-se trabalhar tanto com modo de operação *Beaconing* quanto com o *Non-Beaconing*.

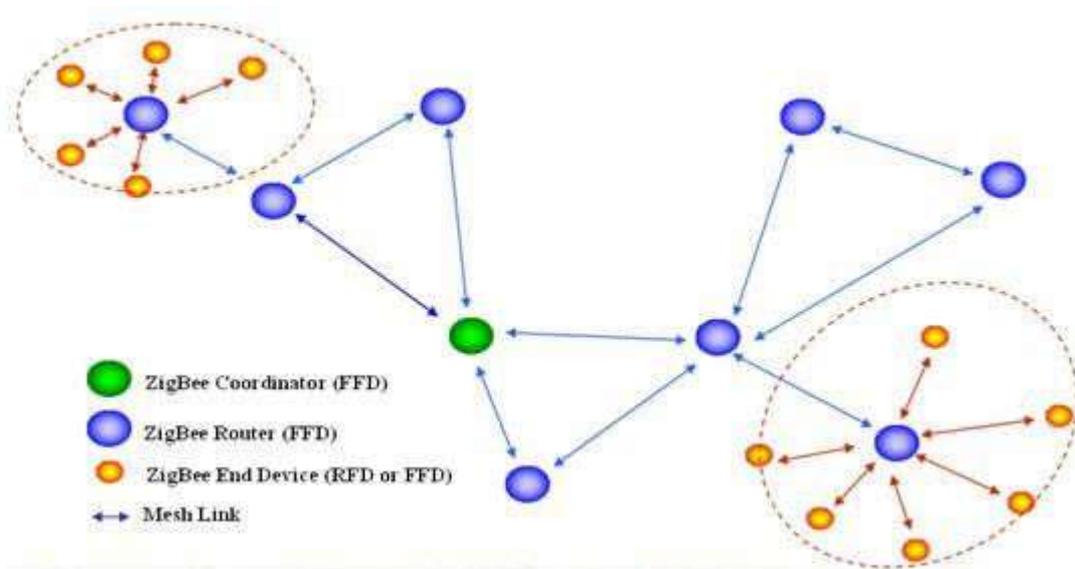


Figura 7 – Figura demonstrativa dos modos de operação

No modo *Beaconing* 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 estar 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. [5]

Já no modo *Non-Beaconing* 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. [5]

3. Equipamentos

Para o estudo de caso serão utilizados: Um Computador possuindo as seguintes características, processador Core2Duo, 1Gb de memória RAM, 160Gb de HD, gravador de DVD.

Módulos XBee-Pro como mostrado na Figura 8 [5] são pequenos transmissores/receptores *ZigBee*, com dimensões de 2.438cm x 3.294cm, e pesam 3g. Possuem um alcance de 100m em ambientes internos/zonas urbanas e de até 1,6km em ambiente externos. Opera na faixa ISM 2.4 GHZ e possui taxa de transmissão de dados de 250.000 bps. É alimentado por uma tensão de 2.8 à 3.4v. Pode trabalhar na topologia de rede em malha e pode possuir até 65.000 endereços de rede.

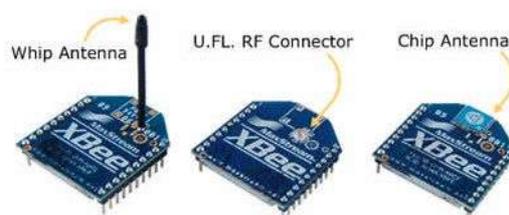


Figura 8 – Módulos XBee-Pro

Adaptador USB XBee-Pro como mostrado na Figura 9 [5], é um adaptador que possui conexão estilo pen drive que foi desenvolvido pela empresa Rogercom. A placa COM-USBEE(nome empregado a placa pela empresa desenvolvedora) usa um chip conversor USB/Serial, possui regulador de tensão LDO, comparador de tensão conectado aos LEDs que simulam força do sinal. Ao instalar o driver USB no computador cria-se automaticamente uma porta COMx virtual com isso é possível através de algum programa se comunicar com a placa como se fosse uma comunicação serial padrão RS232.



Figura 9 – Adaptador USB XBee-Pro

Sensores SquidBee como mostrado na Figura 10 [9], onde este trabalha com bateria de 9v. Possui as mesmas características dos módulos XBee-Pro facilitando a comunicação entre eles. Possui sensores de temperatura e umidade.



Figura 10 – Sensor SquidBee

4. Proposta de utilização da rede *ZigBee* na *plantação de café*

Este estudo de caso visa propor a monitoração de uma plantação de café através do padrão de rede sem fio *ZigBee*, onde serão instalados os módulos XBee-Pro juntamente com os sensores SquidBee. A Figura 11 mostra a plantação de café escolhida para esse estudo, esta possui uma extensão de 3,5ha com cerca de 10.500 pés de café, com espaçamento de 3m entre as linhas e de 1,20m de um pé para o outro. A variedade desta é do tipo Catuai, sendo tolerante a clima quente e não resistente a clima frio (geadas). Assim, quanto menor for a umidade do ar menor será o índice de pragas. Esta plantação situa-se nas proximidades da cidade de São Tiago-MG. A temperatura da região é em torno de 20°C e a umidade relativa do ar entre 60% e 90%.

Nesta plantação será utilizada uma área de 25km² possuindo 5km x 5km, onde será monitorada a temperatura e a umidade relativa do ar da respectiva plantação. De acordo com a área a citada propõem-se utilizar 9 dispositivos XBee-Pro e 9 sensores SquidBee.

Será estabelecida uma rede *ZigBee* que em um ponto central ficará o computador que receberá todas as informações transmitidas pelos sensores fazendo o gerenciamento dos mesmos. Os módulos XBee-Pro ficarão a uma distância de 1,6km, de acordo com as especificações de cada um dos dispositivos. Cada dispositivo XBee-Pro possuirá um sensor SquidBee que estará monitorando a temperatura e a umidade do ar daquele ponto da plantação. Os dispositivos finais irão passar suas informações para os dispositivos roteadores que irão repassar para o dispositivo coordenador onde este transmitirá todas as informações da rede para o dispositivo receptor que estará conectado ao computador, fazendo a monitoração da região da plantação de café escolhida. Para o correto monitoramento das características climáticas citadas será necessário o desenvolvimento de um software para tal, onde este terá a função de recolher os dados informados pelo dispositivo USB XBee-Pro e gerar relatórios que serão monitorados através de uma interface criada pelo software na tela do computador, onde através dos dados obtidos, o usuário irá analisá-los e assim saber qual a melhor medida a ser tomada para que a plantação obtenha melhores resultados. Entretanto, vale frisar que não é intuito e foco deste estudo o desenvolvimento do mesmo.

Analisando outras tecnologias existentes, constata-se que na tecnologia *Bluetooth* os equipamentos tem custo elevado, possuem baterias de pouca duração, sendo necessário recarregá-las periodicamente e só podem possuir até 7 dispositivos em uma rede. Em relação à tecnologia *Wi-Fi*, na aquisição de equipamentos é a que se tem um custo mais elevado, possuindo baterias que duram muito

pouco tempo, geralmente usadas com seus equipamentos ligados na rede elétrica, quanto à capacidade é de até 32 dispositivos em uma rede. Já o dispositivo *ZigBee* possui custo baixo, seus módulos de controle podem ser alimentados até mesmo por baterias (pilhas) comuns, sendo sua vida útil diretamente relacionada com a capacidade da bateria e a aplicação a que se destina. Assim sendo, de acordo com os dados pesquisados foi concluído que a tecnologia *ZigBee* é a mais vantajosa para o monitoramento da plantação analisada, pois comparando-o com outras tecnologias, ele possui baixo custo na aquisição, instalação e manutenção de equipamentos, possui baterias com longo tempo de duração, podendo durar até anos e tem capacidade para suportar até 65.000 dispositivos dentro de uma rede.[1]

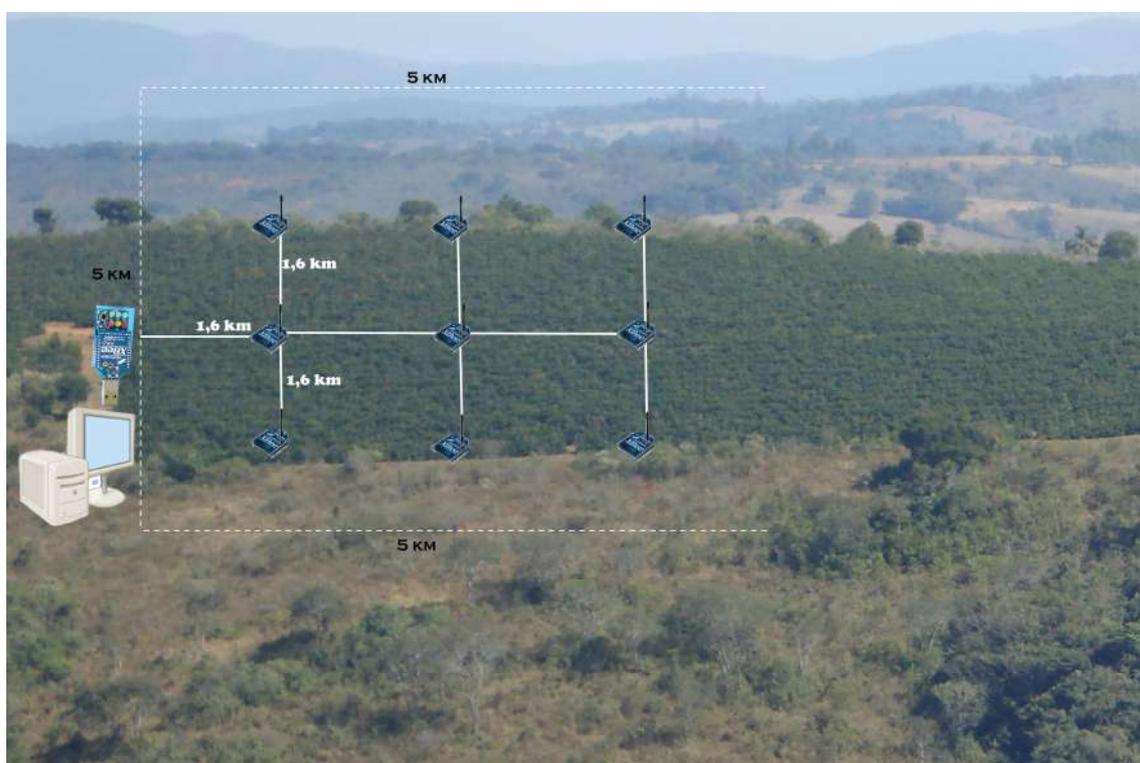


Figura 11 – Foto da Plantação de café estudada

5. Considerações Finais

Este artigo trata do estudo da viabilidade da implantação do padrão de rede sem fio *ZigBee*, para monitoramento de uma plantação de café. De acordo com estudos feitos sobre a tecnologia *ZigBee* e os dispositivos utilizados, é bastante aceitável sua utilização para esse tipo de monitoramento, pois como foi visto no tópico sobre o *ZigBee*, existem diversos fatores favoráveis a esse padrão.

Conforme estudo relatado trata-se de uma tecnologia relativamente simples, que utiliza um protocolo de pacotes de dados com características específicas, sendo projetado para oferecer flexibilidade quanto aos tipos de dispositivos que pode controlar, sendo perfeitamente aceitável na plantação de café.

Como um padrão de rede sem fio de baixo consumo e curto alcance, o *ZigBee*, vem ao mercado tecnológico para tratar de ações de monitoramento e controle. A tecnologia *ZigBee* e os sensores podem também ser utilizados em outros tipos de plantações facilitando o controle e a qualidade da produção.

Na presente proposta foram analisados alguns dispositivos adaptáveis à área de uma pequena propriedade rural na zona rural de São Tiago, assim, para trabalhos futuros sugiro que seja feita uma análise mais detalhada acrescentando mais tipos de sensores, para se obter um maior controle da plantação numa região mais extensa, a modelagem do sistema que faça coleta e análise dos dados capturados pelos sensores, desenvolver o aplicativo que receba as informações dos sensores e posicione o usuário através de resultados, sugiro também testar o aplicativo desenvolvido *In Loco* (em campo).

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] ZIGBEE ALLIANCE. (2008). *ZigBee*. Website Oficial. Disponível em: <<http://www.zigbee.org/en/index.asp>>. Acesso em: 10 de maio de 2008.
- [2] HARDSERVICE Website. Disponível em: <http://www.hardservice.net/web_site_new/iframes/redes_semfios.htm>. Acesso em 11 de setembro de 2008.
- [3] POINTER COMPUTERS. Website. Disponível em: <http://www.pointercomputers.com.br/website/servicos_rede.asp>. Acesso em 17 de outubro de 2008.
- [4] PINHEIRO, J. M. S. (2006). *ZigBee em Home Area Network*. Site Projeto de Redes. Seção Artigos. Disponível em: <http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_zigbee_em_home_area_network.php>. Acesso em 10 de maio de 2008.
- [5] MESSIAS, A.R. Controle remoto e aquisição de dados via XBee/ZigBee (IEEE 802.15.4). Rogercom. Disponível em: <<http://www.rogercom.com/ZigBee/ZigBee.htm>>. Acesso em: 10 de maio de 2008
- [6] PINHEIRO, J. M. S. (2004). *As Redes com ZigBee*. Site Projeto de Redes. Seção Artigos. Disponível em: <http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_zigbee.php>. Acesso em 10 de maio de 2008.
- [7] JENNIC Website. Disponível em: < http://www.jennic.com/products/about_zigbee.php>. Acesso em 17 de outubro de 2008.
- [8] ESCTC, Networks & Multimedia Institute. Disponível em: <<http://zigbee.iii.org.tw/EN/ZIGBEE.PHP>>. Acesso em: 11 de dezembro de 2008.
- [9] SQUIDBEE. Website Oficial. Disponível em: <http://www.libelium.com/squidbee/index.php?title=Main_Page>. Acesso em: 15 de setembro de 2008.