



Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Engenharia Elétrica e Informática  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica  
Laboratório de Instrumentação Eletrônica e Controle

Relatório de Estágio

# Estudo Comparativo entre Módulos Transceptores das Tecnologias Sem Fio ZigBee e Bluetooth

Aluno: Luiz Carlos de Lemos Júnior - Matrícula: 20811260

Orientador: Prof. Dr. José Sérgio da Rocha Neto

Campina Grande, 03 de Maio de 2009.

# Sumário

<b>1</b>	<b>Redes de Sensores Sem Fio</b>	<b>5</b>
1.1	A Tecnologia ZigBee . . . . .	7
1.2	Tecnologia Bluetooth . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Materiais e Métodos</b>	<b>8</b>
2.1	O Transceptor ZigBee . . . . .	8
2.1.1	Comandos do WBTv42 . . . . .	8
2.1.2	O X-CTU . . . . .	10
2.2	O Transceptor Bluetooth . . . . .	10
2.3	Placas de Desenvolvimento ADuC (PD-ADuC) . . . . .	12
2.4	O HyperTerminal . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Procedimento Experimental</b>	<b>15</b>
3.1	Consumo dos Módulos . . . . .	16
3.1.1	ZigBee - XBee . . . . .	16
3.1.2	Bluetooth - WBTv42 . . . . .	18
3.2	Alcance . . . . .	20
3.2.1	ZigBee - XBee . . . . .	20
3.2.2	Bluetooth - WBTv42 . . . . .	20
3.3	Taxa de Transferência . . . . .	21
3.3.1	ZigBee - XBee . . . . .	21
3.3.2	Bluetooth - WBTv42 . . . . .	22
<b>4</b>	<b>Conclusão</b>	<b>23</b>
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>24</b>

# Lista de Figuras

1.1	Representação de uma rede de sensores sem fio . . . . .	6
2.1	Módulo transceptor usado no sistema. . . . .	9
2.2	Comandos AT+ZV . . . . .	10
2.3	Interface do X-CTU de configuração dos módulos XBee . . . . .	11
2.4	Módulo WBTv42 . . . . .	11
2.5	Diagrama esquemático da ligação do WBTv42 com a serial . . . . .	12
2.6	Disposição dos recursos da PD-ADuC. . . . .	13
2.7	Interface do HyperTerminal . . . . .	14
3.1	Circuito de condicionamento para aquisição A/D . . . . .	16
3.2	Monitoramento do consumo de um módulo sem fio . . . . .	17
3.3	Comportamento do consumo do módulo XBee . . . . .	17
3.4	Consumo do módulo XBee normalizado . . . . .	18
3.5	Consumo do módulo WBTv. . . . .	19
3.6	Consumo do módulo WBTv normalizado. . . . .	19
3.7	Alcance dos módulos sem fio. . . . .	20
3.8	Avaliação da taxa de transferência . . . . .	21
3.9	Iniciando transferência de arquivo pelo HyperTerminal . . . . .	21

# Lista de Tabelas

1.1	Comparativo das tecnologias sem fio . . . . .	6
2.1	Principais comandos AT+ZV para WBTv42 . . . . .	9
2.2	Erros comuns dos comandos AT+ZV . . . . .	9
3.1	Alcance do módulo XBee . . . . .	20
3.2	Alcance do módulo WBTv . . . . .	21
3.3	Taxa de transferência do XBee . . . . .	22
3.4	Taxa de transferência do WBTv . . . . .	22

## Capítulo 1

# Redes de Sensores Sem Fio

Redes de sensores sem fios têm recebido considerável atenção nos últimos anos, uma vez que podem potencialmente beneficiar uma variedade de áreas (científicas, militares, e aplicações comerciais). Estas redes consistem de um conjunto de nós sensores comunicando-se por um canal de rádio frequência e cada qual pode incorporar um ou mais sensores. Estes nós podem ser simples, bastando tomar medidas básicas, ou eles podem ser complexos, contendo um grande volume de dados e informações[5].

Esses nós podem ser colocados dentro do fenómeno a ser analisado ou próximo a ele, diferentemente das redes de sensores tradicionais. As posições de cada nó podem ou não ser pré-determinadas ou pré-calculadas, podendo ser aleatórias, visto que a implantação de redes de sensores em locais de difícil acesso pode ocorrer pelo uso de transporte aéreo, apenas "soltando" os nós sobre a região a ser analisada. A comunicação entre estes nós é feita através de uma rede *ad-hoc* sem fio, um nó transmitindo a outro nó próximo os valores do sensoriamento. Este próximo nó deve se encarregar de passar os dados para o próximo nó, e assim por diante (Figura 1.1). Objetiva-se obter dispositivos tão pequenos e baratos que possam ser usados em larga escala [3].

As redes de sensores sem fio (rssf) têm características que as diferem bastante das redes mais comuns. Uma de suas características é que são centradas em dados, diferente das redes tradicionais centradas em endereço. Assim, um nó difunde (ou pede) informações baseadas em atributos. Além disso, os nós-sensores devem atender a requisitos específicos da aplicação, muito comumente os nós focam-se em apenas um atributo, ou um pequeno conjunto de atributos, necessitando então de processamento no interior da rede. As restrições impostas à rede de sensores sem fio implicam em uma série de requisitos para os protocolos de comunicação nunca antes encontrados em tal escala. Como consequência de suas características, os protocolos de comunicação e gerenciamento da rede devem ter capacidades de auto-organização.

A tecnologia de comunicação sem fio a ser usada pode ser escolhida entre várias opções, como GPRS, Wi-Fi, Bluetooth, e ZigBee. Na Tabela 1.1 podemos observar um comparativo dessas tecnologias[7].

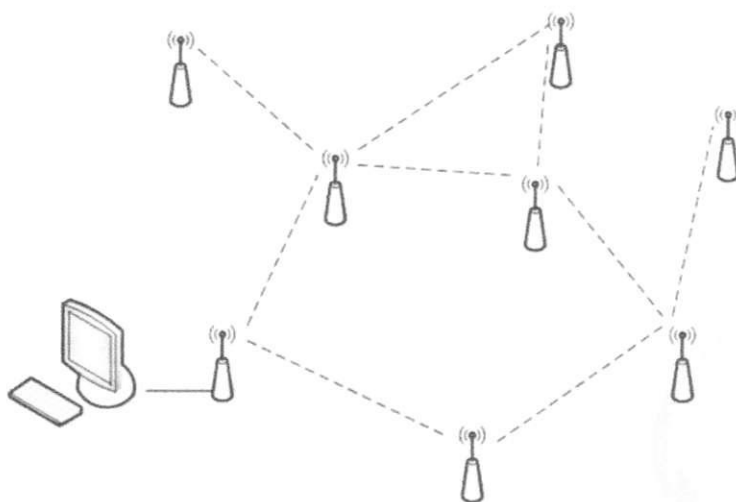


Figura 1.1: Representação de uma rede de sensores sem fio

	ZigBee	Bluetooth	Wi-Fi	GPRS/GSM 1XRTT/CDMA
<b>Capacidade do Sistema</b>	4-32 KB	250 KB+	1 MB	16 MB
<b>Duração da Bateria (Dias)</b>	100 - 1,000	1 - 7	0.1 - 5	1 - 7
<b>Nós Por Rede</b>	255/65,000	7	30	1 - 1000
<b>Taxa de Transmissão (KBps)</b>	20-250	720	11	64 - 128
<b>Distância (Metros)</b>	1 - 75	1 - 10	1 - 100	1000
<b>Foco de Aplicação</b>	Monitoramento e Controle	Realocação de Cabos	Web, e-mail e vídeo	Dados e Voz Sem Fio
<b>Pontos Positivos</b>	Confiabilidade, Rede Segura, Simplicidade do Protocolo, Baixo Consumo de Energia	Baixo Custo Incremental, Fácil/Conveniência, Taxa Moderada de Dados	Alta Transmissão de Dados, Flexibilidade (Trabalho e Casa), Conectividade <i>Hot Spot</i>	Ampla Cobertura Geográfica, Desenvolvimento de Rede

Tabela 1.1: Comparativo das tecnologias sem fio

## 1.1 A Tecnologia ZigBee

Uma das tecnologias mais recentes dentro do grupo de redes para aplicações pessoais e que permite o gerenciamento e controle desses dispositivos é o padrão ZigBee. O protocolo 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. Tendo como uma de suas principais características o baixo consumo de energia em seu modo *sleep* e sua baixa taxa de transmissão (o limite superior da taxa de transmissão dele é de 250 Kbps). Os dispositivos baseados na tecnologia ZigBee operam na faixa ISM (Industrial, Scientific and Medical) que não requer licença para funcionamento, incluindo as faixas de 2,4 GHz (Global), 915 MHz (América) e 868 MHz (Europa) e com taxas de transferência de dados de 250 kbps em 2,4 GHz, 40 kbps em 915 MHz e 20 kbps em 868 MHz. O padrão oferece atualmente interfaces com velocidades de conexão compreendidas entre 10 Kbps e 115 Kbps e com um alcance de transmissão entre 10 m e 100 m, dependendo diretamente da potência dos equipamentos e de características ambientais (obstáculos físicos, interferência eletromagnética, etc).

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 voo 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[6].

## 1.2 Tecnologia Bluetooth

Trata-se de uma tecnologia de baixo custo para a comunicação sem fio entre dispositivos eletrônicos a pequenas distâncias. Com o Bluetooth o usuário pode detectar e conectar o seu aparelho de forma rápida a outros dispositivos que tenham a mesma tecnologia. É possível transferir dados até mesmo sem o usuário estar ciente disto[1].

Dispositivos Bluetooth operam na faixa ISM (Industrial, Scientific, Medical) centrada em 2,45 GHz que era formalmente reservada para alguns grupos de usuários profissionais. Nos Estados Unidos, a faixa ISM varia de 2400 a 2483,5 MHz. Na maioria da Europa a mesma banda também está disponível. Os dispositivos, de acordo com a potência e alcance, podem alcançar 1 m, 10 m ou 100 m para um consumo de 1 mW, 2,5 mW e 100 mW respectivamente.

Cada dispositivo é endereçável, o chamado endereço BT ou *Bluetooth Address*, através de um número único de 48 bits e mais 16 bits para o código PIN, que em geral é igual aos quatro últimos dígitos do endereçamento Bluetooth, podendo em alguns dispositivos ser modificado. A banda é dividida em 79 portadoras espaçadas de 1 MHz, portanto cada dispositivo pode transmitir em 79 diferentes frequências; para minimizar as interferências, o dispositivo mestre, após sincronizado, pode mudar as frequências de transmissão do seus escravos por até 1600 vezes por segundo, é o chamado *frequency hopping*. Em relação à sua velocidade pode chegar a 721 Kbps e possui três canais de voz[4].

## Capítulo 2

# Materiais e Métodos

### 2.1 O Transceptor ZigBee

O *kit* utilizado possui módulos transceptores, os quais operam na banda de 2,4 GHz, para integração em sistemas que pretendam transmitir informação por RF. Suportando o protocolo ZigBee, ou apenas o padrão 802.15.4, e diferentes topologias, os módulos caracterizam-se por ausência de configuração externa (“programação” por *software* próprio) quando utilizados com suas configurações de fábrica, sendo possível realizar as operações pretendidas através de comandos AT e de operações específicas de controle, ou realizando as modificações necessárias diretamente sobre o padrão IEEE 802.15.4, o que nos permite uma maior interação com o *hardware* do dispositivo, minimizando os custos com outros componentes envolvidos no processo de aquisição de dados e processamento da informação. Em contrapartida, existe a necessidade de um conhecimento mais aprimorado do padrão visto que as modificações necessárias a implementação de uma aplicação customizada são realizadas através de primitivas, diretamente na pilha do padrão. Assim, destinam-se a interagir com dispositivos por meio de uma *interface* RS-232, encarregando-se da transmissão e recepção dos dados pretendidos.

Apresentam dimensões reduzidas (inferiores a 3 cm por 3 cm) existentes em duas versões distintas: XBee (Figura 2.1) e XBee Pro. Esses modelos por sua vez, diferem no alcance da transmissão, e por consequência, na potência exigida para a mesma. Ao XBee estão associados uma potência de 1 mW e um alcance de 100 m, em campo aberto, ou 30 m para locais fechados. Enquanto que o XBee Pro opera com uma potência de 60 mW, permitindo-lhe alcançar um raio de transmissão até 1,6 km, campos abertos, ou 100 m em locais fechados [6].

Por cumprir os requisitos necessários, o transceptor XBee da *MaxStream/Digi/FreeScale* foi a solução inicialmente elegida para o trabalho, uma vez que o mesmo apresenta um consumo reduzido e simples configuração.

#### 2.1.1 Comandos do WBT42

Há implementado no chip WBT42 uma aplicação que emula a porta serial, SPP *Serial Port Profile*, na qual todo comando enviado ao módulo Bluetooth deve começar com "AT+ZV", e a resposta do módulo Bluetooth sempre será iniciada com "AT-ZV" [8].





Figura 2.1: Módulo transceptor usado no sistema.

Comando	Sintaxe	Descrição
Discovery	AT+ZV Discovery All SPP	Busca dispositivos com aplicação SPP
Bond	AT+ZV Bond {BT Address} {PINCode}	Realiza pareamento com o dispositivo
SPP Connect	AT+ZV SPPConnect {BTAddress}	Conecta ao dispositivo
SPP Disconnect	AT+ZV SPPDisconnect	Disconecta do dispositivo
Change Baud Rate	AT+ZV ChangeBaud [NewBaud]	Muda a taxa de comunicação serial
Change Local Name	AT+ZV ChangeLocalName	Muda o nome do dispositivo na rede
^#^\$^%	^#^\$^%	Prepara dispositivo para modo comando

Tabela 2.1: Principais comandos AT+ZV para WBT42

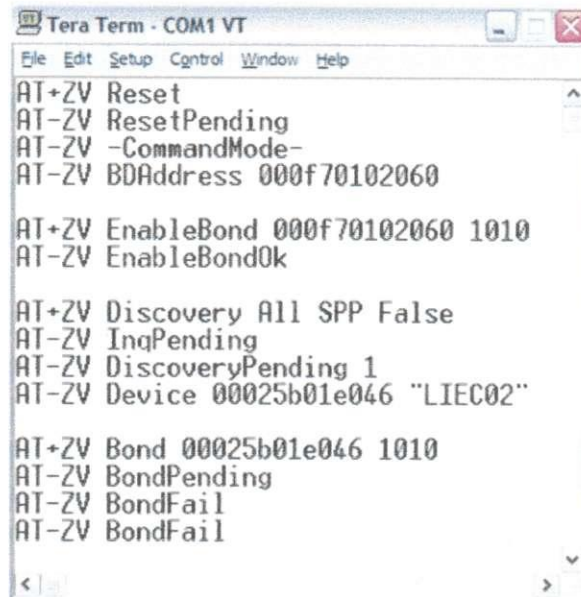
Comando: a string de comando ASCII envia do host para o módulo Bluetooth. Resposta: a mensagem ou resposta ASCII envia do módulo Bluetooth para o host. Observe que a string de comando não é do tipo case sensitive. Na Figura 2.2, podemos observar comandos e respostas do módulo.

Na Tabela 2.1, pode-se observar os principais comandos AT+ZV utilizados para comunicação do WBT42.

Porém, alguns erros podem ocorrer durante a tentativa de comunicação com o módulo. Os mais comuns podem ser vistos na Tabela 2.2:

Erro	Descrição
ErrConnect	Falha na conexão com o outro dispositivo
ErrInvalidParam	Parâmetro inexistente para o comando
ErrNumParam	Valor do parâmetro do comando impróprio
ErrFormat	Erro na escrita do comando
ErrUnknownCmd	Comando inexistente

Tabela 2.2: Erros comuns dos comandos AT+ZV



```
Tera Term - COM1 VT
File Edit Setup Control Window Help
AT+ZV Reset
AT-ZV ResetPending
AT-ZV -CommandMode-
AT-ZV BDAAddress 000f70102060

AT+ZV EnableBond 000f70102060 1010
AT-ZV EnableBondOk

AT+ZV Discovery All SPP False
AT-ZV InqPending
AT-ZV DiscoveryPending 1
AT-ZV Device 00025b01e046 "LIEC02"

AT+ZV Bond 00025b01e046 1010
AT-ZV BondPending
AT-ZV BondFail
AT-ZV BondFail
```

Figura 2.2: Comandos AT+ZV

### 2.1.2 O X-CTU

Para facilitar a vida do desenvolvedor, a MaxStream disponibiliza também um útil programa chamado X-CTU. Este pode ser obtido gratuitamente no site do fabricante. O software X-CTU é usado para configurar todos os parâmetros do módulo XBee com apenas alguns cliques de mouse. Pode-se usá-lo também para realizar atualizações de firmware. Para estas tarefas, basta ligar o módulo XBee na porta COM de qualquer PC. Na Figura 2.3 podemos observar a fácil interface de configuração do X-CTU.

## 2.2 O Transceptor Bluetooth

O módulo WBTV42 (Figura 2.4) é um dispositivo Bluetooth da classe 2 com arquitetura *fully embedded*, o qual permite uma comunicação sem fio entre dispositivos Bluetooth através da emulação de uma porta serial. Um dispositivo com periférico de comunicação serial, através de dois fios, transmite cadeias de caracteres para este dispositivo que interpreta estas cadeias e realiza alguma atividade na pilha de protocolos. Isso diminui bastante a carga em termos de tamanho de programa para tratamento da interface de comunicação sem fio.

Este módulo possui embarcado uma aplicação que emula a porta serial a chamada SPP, *Serial Port Profile*, que permite a comunicação serial com o mesmo. No entanto, o módulo não pode entrar contato direto com a serial do computador, pois o mesmo trabalha sob uma tensão de alimentação de 3.3V enquanto a serial opera em 12V. Assim é necessário um circuito de condicionamento para permitir operação da interface do mesmo

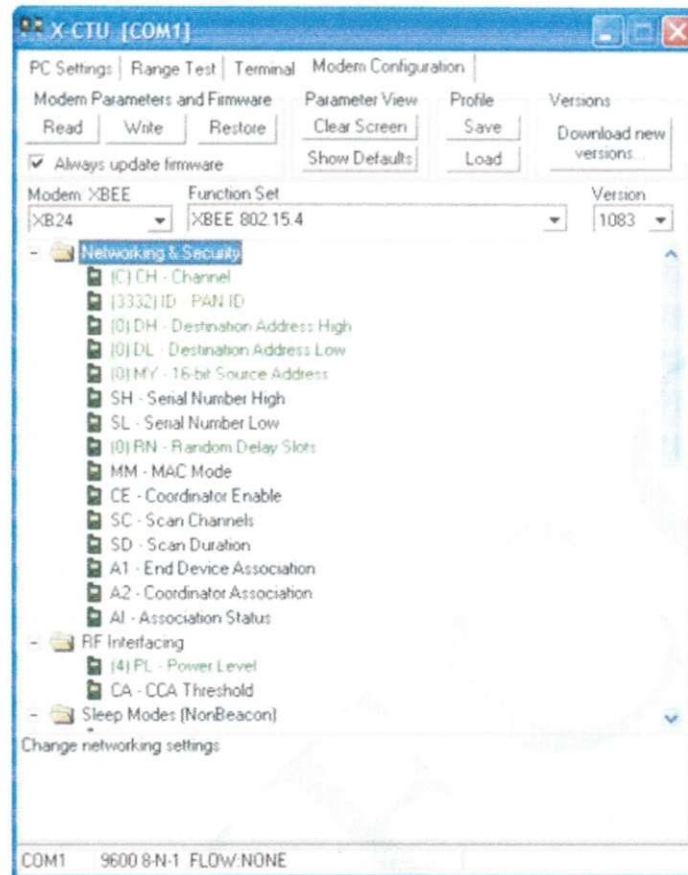


Figura 2.3: Interface do X-CTU de configuração dos módulos XBee

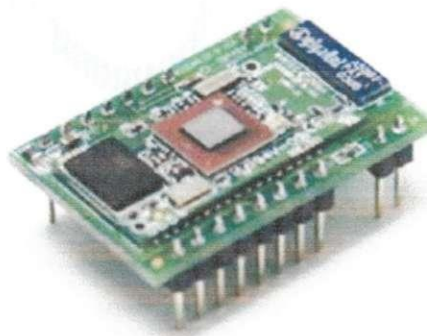


Figura 2.4: Módulo WBTv42

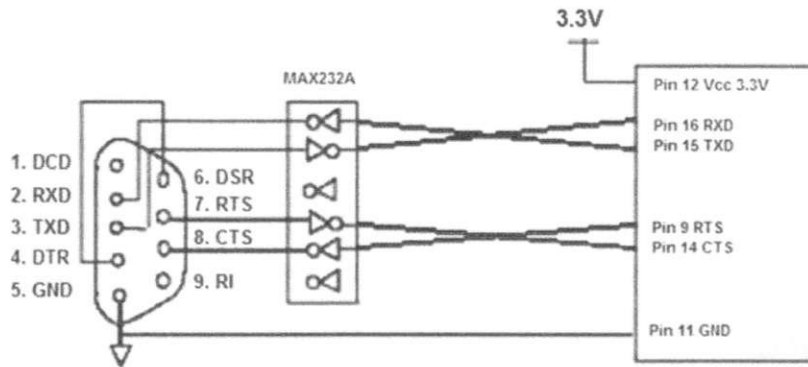


Figura 2.5: Diagrama esquemático da ligação do WBTv42 com a serial

com a porta serial. Faz então necessário a utilização de um MAX232, para abaixar ou elevar as tensões de acordo com as saídas desejadas (Figura 2.5).

### 2.3 Placas de Desenvolvimento ADuC (PD-ADuC)

Os recursos do microcontrolador ADuC montado estão disponibilizados para qualquer sistema externo através de uma placa de uso geral, nomeada PD-ADuC. A PD-ADuC é compatível com: ADuC812, ADuC816, ADuC824, ADuC832, ADuC841 e ADuC842, de forma que a escolha do microcontrolador é feita face à necessidade da aplicação. Com a PD-ADuC podemos realizar diversos experimentos que utilizam os microcontroladores desta linha. A placa possui comunicação serial RS-232 que conectada ao PC, possibilita a gravação do firmware, além de permitir aplicações de aquisição de dados, onde os valores lidos no conversor A/D são transferidos ao PC.

Todos os recursos do ADuC832 estão acessíveis através de conectores (Figura 2.6) utilizados de acordo com as necessidades do projeto em estudo. A PD-ADuC possibilita ao estudante identificar as características da arquitetura e exercitar a utilização dos recursos dos microcontroladores [2].

Cada um dos oito canais do conversor A/D possui um pré-condicionamento de sinal, sendo este composto por um buffer externo que minimiza o erro de carregamento no ponto de medição. Além disso, possui um filtro passa-baixas destinado a eliminar ruídos de alta frequência. Um sensor de temperatura LM35 foi conectado ao canal 0 do conversor A/D do microcontrolador.

Objetivando a possibilidade de expansão, todas as conexões externas da placa estão padronizadas, de forma que equipamentos adicionais quando conectados à PD-ADuC, aumentam sua gama de aplicações. Os oito pinos de cada uma das portas de E/S (Entrada/Saída) do microcontrolador estão disponíveis em conectores individuais juntamente com a tensão de alimentação (5V e GND). Deste modo, as placas suplementares se conectam a PD-ADuC sem a necessidade de alimentação externa. Estas placas adicionais (compatíveis com a PD-ADuC) constituem o que designamos de KIT-ADuC.

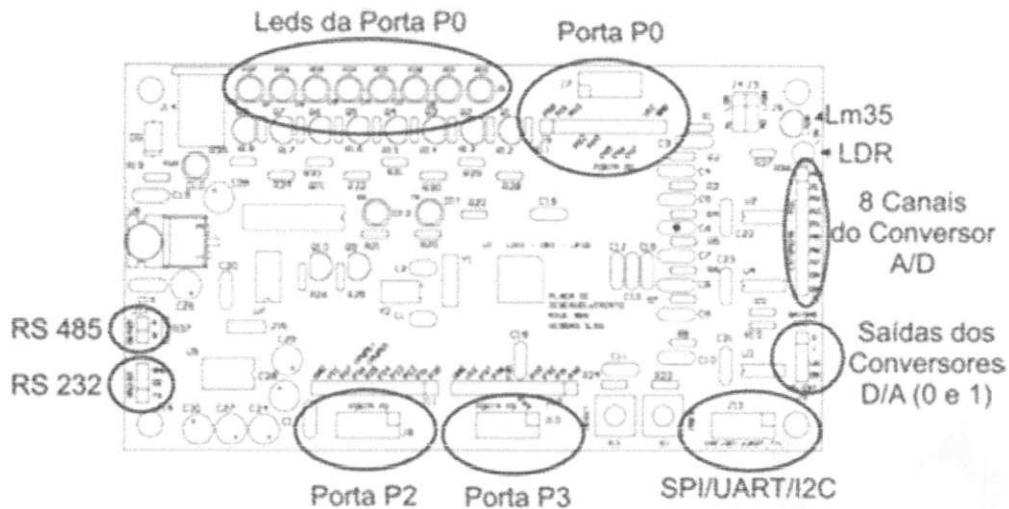


Figura 2.6: Disposição dos recursos da PD-ADuC.

## 2.4 O HyperTerminal

HyperTerminal é um aplicativo que você pode usar a fim de conectar o computador a outros sistemas remotos. Estes sistemas incluem outros computadores, Bulletin Board Systems, servidores Telnet sites e serviços online. No entanto, você precisará de um modem, uma conexão Ethernet, ou um cabo null modem antes de poder utilizar HyperTerminal.

Dentro HyperTerminal da interface do usuário, você encontrará menus, botões, ícones e mensagens. Todos estes elementos e controles trabalhar juntos de modo a proporcionar comodidade para o usuário, principalmente para acessar os recursos necessários e realizar várias tarefas (Figura 2.7). Esta aplicação é uma ferramenta muito útil, especialmente para testar se o seu modem está funcionando bem e para verificar se você tem uma conexão estável com outros sites.

A fim de verificar se as configurações do seu modem estão configuradas corretamente ou se o seu modem está conectado corretamente, você pode enviar um conjunto de comandos através do HyperTerminal e ver os resultados apresentados. Outras funções do HyperTerminal deveria incluir a gravação de dados e de serem enviados para o serviço do computador que você está conectado. Através desta informação, você será capaz de determinar a estabilidade de suas conexões.

Além disso, a comunicação com o usuário do computador do outro lado da ligação remota é possível graças ao recurso de rolagem HyperTerminal. Esta é uma funcionalidade que lhe permite receber e ler textos na tela, bem como a capacidade de enviar as suas próprias mensagens de texto. Outra característica notável do HyperTerminal é a sua opção que lhe permite transferir arquivos a partir do seu PC em um dispositivo portátil, como um computador portátil através de uma porta serial.

Além disso, você estará apto para começar a utilizar as funções fornecidas pelo HyperTerminal uma vez uma nova ligação tiver sido configurada. Para fazer isso, você precisará

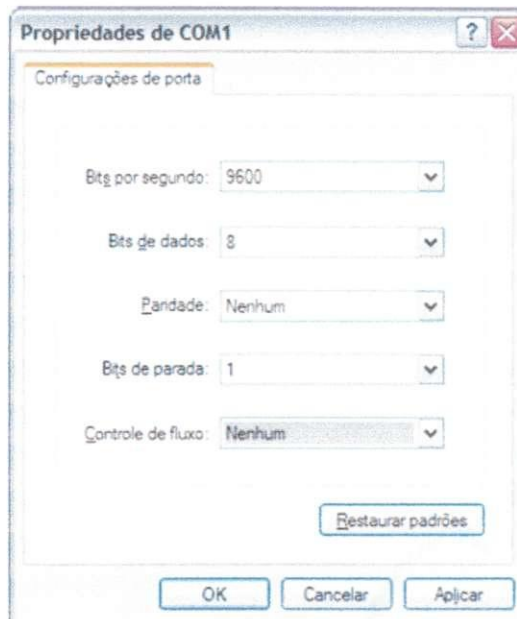


Figura 2.7: Interface do HyperTerminal

inicialmente abrir o HyperTerminal e digite as informações sobre sua localização. Você vai indicar a localização desta caixa de diálogo Informações. Em seguida, você precisa clicar sobre o item New Connection encontrado no menu Arquivo. Em seguida, digite o nome apropriado da ligação dentro da caixa Nome e selecione o ícone adequado para ele. Após fazer isso, clique em OK. Escolha o modem que pretende utilizar no interior da caixa de diálogo Ligar para depois.

Se você estiver usando um modem, digite o número do telefone que deseja chamar. Assim, se você estiver indo para conectar usando TCP / IP, você pode digitar o endereço do host eo número da porta. Finalmente, uma vez que você clicar no botão Dial, você pode simplesmente esperar até que o computador responde à sua chamada.



## Capítulo 3

# Procedimento Experimental

A seguir, trata-se de um série de três experimentos que visam obter uma comparação entre as tecnologias sem fio ZigBee e Bluetooth baseada em três pontos fundamentais numa transmissão *wireless*.

- Consumo dos módulos: potência consumida por cada qual durante e não a transmissão;
- Alcance: distância máxima segura para a transmissão sem erros;
- Taxa de transferência: quantidade máxima de bits por segundo transmitida pelo módulo.

Devendo-se ressaltar que nunca se conseguirá ter esses três pontos numa mesma tecnologia de transmissão sem fio, pois todas estão interligadas de uma forma tal que um bom desempenho de duas gerará um “sacrifício” da terceira. Ou seja, para se obter alta taxa de transmissão e longo alcance, tem-se de ter alta potência do sinal, logo um consumo alto o que não é desejado. E caso este seja reduzido, haverá erro no sinal transmitido devido ao ruído do canal, assim, seria preciso diminuir a quantidade de bits enviada, logo diminuir-se-ia a taxa. Porém, Caso queira alta taxa e baixo consumo, deve-se reduzir o alcance. De toda forma não se terá uma tecnologia de baixo consumo, longo alcance e alta taxa de transferência. É com esse objetivo que para fins didáticos e de pesquisa, este trabalho é proposto: mostrar experimentalmente o comportamento de duas distintas tecnologias sem fio, o ZigBee e o Bluetooth.

Espera-se do ZigBee longo alcance, baixo consumo e baixa taxa de transmissão quando comparado ao Bluetooth.

Para cada um desses experimentos, devemos seguir os passos para obter o resultado necessário. Os passos seguinte foram realizados para obtenção dos resultados experimentais.

1. Conectar cada placa de interface do módulo com a serial;
2. Verificar se a alimentação de cada módulo está com 5 V;
3. Configurar os módulos com os parâmetros necessário para que estejam em ponto de comunicação (Taxa de comunicação com a serial de 9600 bps, 8 bits de dados, nenhuma paridade, 1 bit de parada e controle de fluxo nenhum);

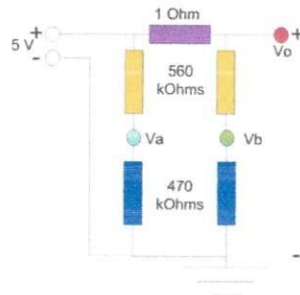


Figura 3.1: Circuito de condicionamento para aquisição A/D

4. Acionar a rotina do MatLab de aquisição de dados da porta serial, enviados pela PD-ADuC;
5. Observar os resultados finais.

Estes procedimentos são comuns aos dois tipos de módulos, Bluetooth e ZigBee, com algumas particularidades para cada um que serão descritas a seguir.

### 3.1 Consumo dos Módulos

Este experimento se dá com base na tensão de alimentação de corrente consumida pela placa de interface. Um circuito adicional (Figura 6) é necessário para permitir que o conversor A/D da PD-ADuC seja sensível a variação dessas grandezas e assim possamos medi-las, salvo que a placa de interface do módulo (XBee ou WBTv) é dde 5V e a entrada do A/D é de 2,5V.

Medindo os valores de Tensão  $V_a$  e  $V_b$ , é possível recalculer o valor de tensão  $V$  na saída, que será a alimentação da carga (placa de interface) e o valor de corrente drenado pela mesma.

De modo que a configuração final de nosso sistema ficará como pode ser observado na Figura 3.2:

#### 3.1.1 ZigBee - XBee

Após realizados os passos 1 e 2 citados anteriormente, deve-se configurar os módulos XBee utilizando o software X-CTU. Nele, devemos definir os parâmetros principais: endereço de cada módulo (destino e origem), canal de comunicação e taxa de comunicação com a serial. Uma vez realizados as modificações, grava-se o firmware no módulo e realiza o teste de comunicação. Em caso positivo, segue-se para os passos 5 e 6, em caso negativo, repete-se o passo 3 até se obter êxito na comunicação.

Após devidamente conectados e transmitindo, aciona-se a rotina de aquisição de dados pelo MatLab no computador monitor, e verifica o comportamento da transmissão. Para tal, devemos passar parte do tempo de aquisição de dados com o módulo em transmissão de dados, e outro instante não. Por fim obtém-se uma curso semelhante a da Figura 3.3.



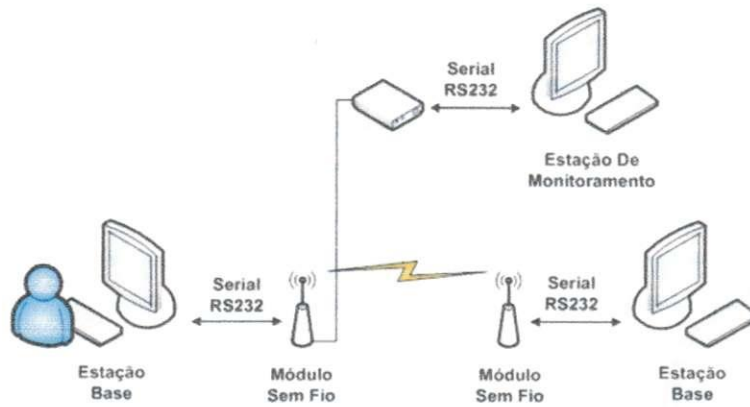


Figura 3.2: Monitoramento do consumo de um módulo sem fio

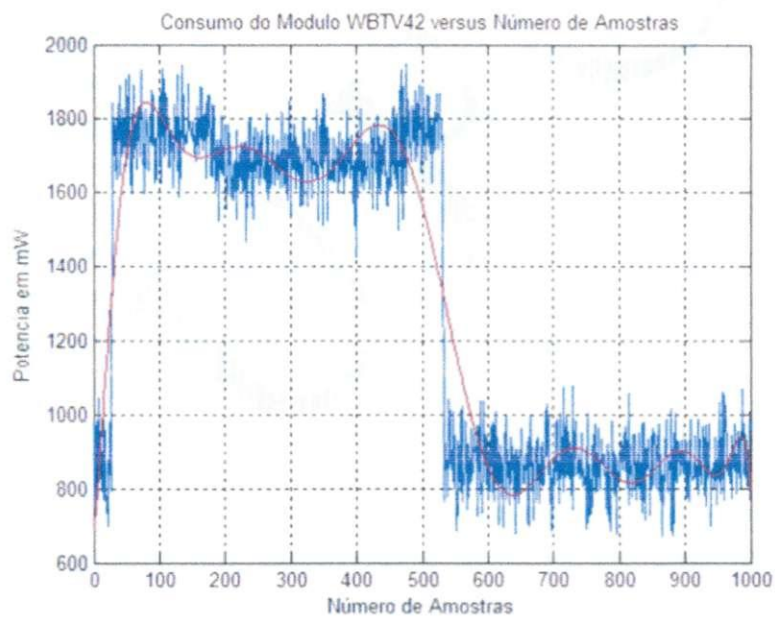


Figura 3.3: Comportamento do consumo do módulo XBee

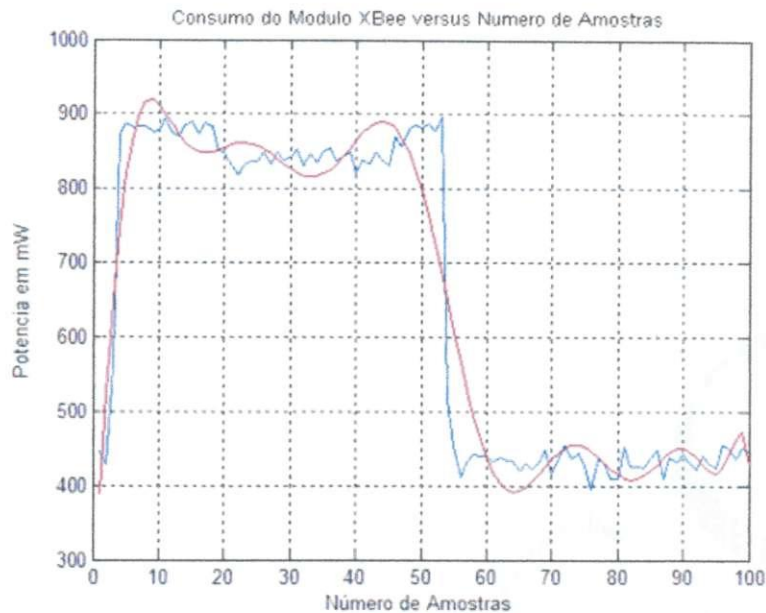


Figura 3.4: Consumo do módulo XBee normalizado

Este gráfico foi plotado para uma aquisição de 1000 amostras, destacando que está incluso o consumo da placa de interface serial do módulo (145 mW) e quando na transmissão, o consumo dos LED's (900 mW). Assim temos um consumo médio para o módulo XBee em torno de 850 mW na faixa de transmissão e 420 mW na faixa ativa (Figura 3.4), com um consumo médio de aproximadamente 600 mW.

### 3.1.2 Bluetooth - WBT42

Para este módulo, após os procedimentos de configuração 1 e 2, deve-se realizar a conexão entre os chips Bluetooth utilizando os comandos AT+ZV. Para tal, disponibilizaremos do HyperTerminal para realizar a conexão entre os módulos. Serão utilizados, nesta seqüência, os comandos: *discovery*, *bond* e *sppconnect* para colocar os módulos em condição de transmissão, e uma vez que esta não for mais necessária, digitamos os caracteres `^#^$^%` para colocar o dispositivo no modo de comando, em seguida os desconectamos com *sp-pdisconnect*.

Realiza-se a aquisição dos dados utilizando a rotina serial do MatLab, obtendo uma curva semelhante a da Figura 3.5:

Novamente, tem-se uma aquisição para 1000 amostras. Deve-se observar que o consumo médio para este módulo está em torno de 950 mW na faixa de transmissão, 850 mW na faixa ativa, com um consumo médio de 900 mW.

Deve-se destacar que o consumo dos módulos não levam em consideração apenas a alimentação do chip, mas também do circuito de interface serial do mesmo, salvo que é

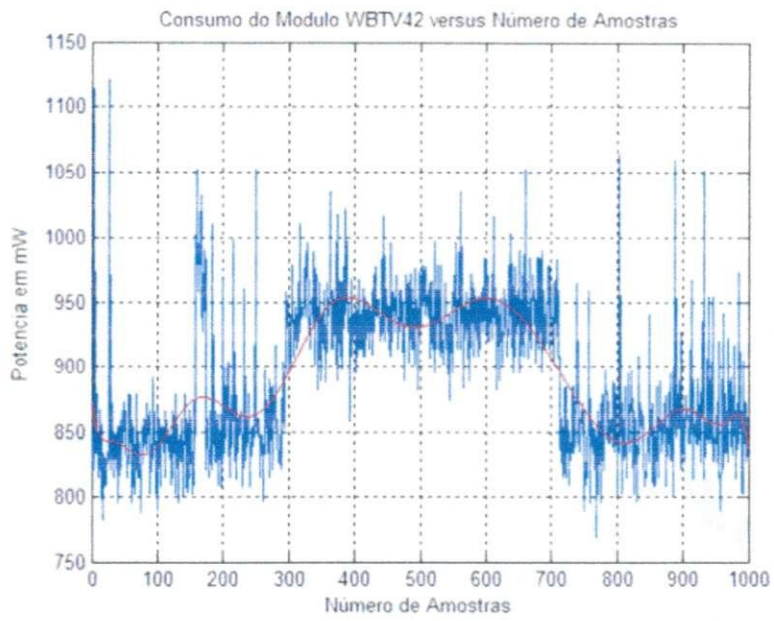


Figura 3.5: Consumo do módulo WBTV.

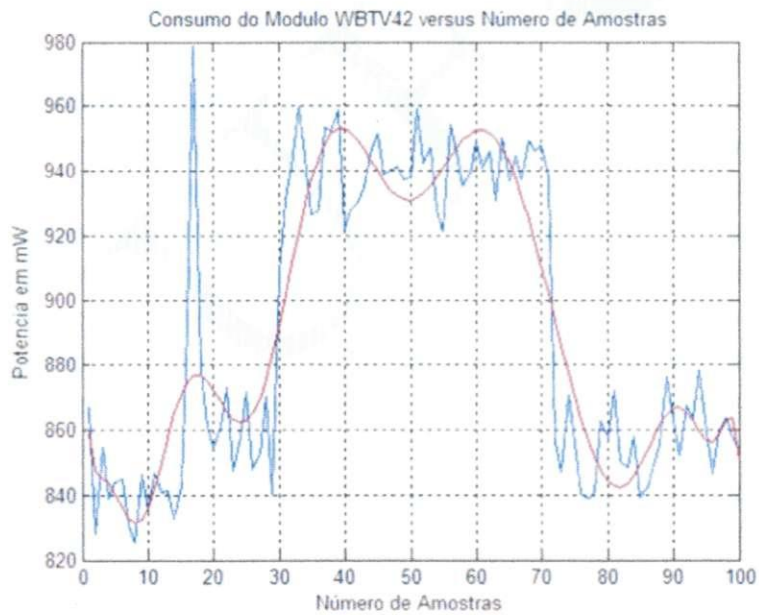


Figura 3.6: Consumo do módulo WBTV normalizado.

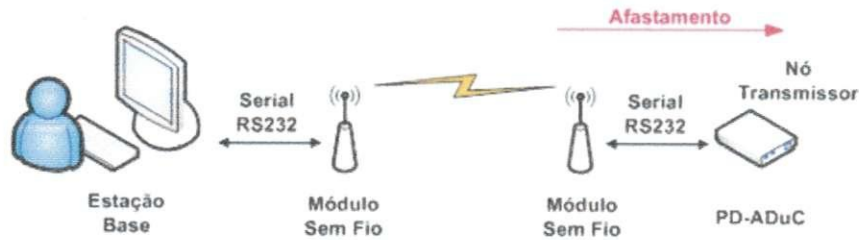


Figura 3.7: Alcance dos módulos sem fio.

Medição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alcance (m)	27,1	27,3	25,8	26,2	26,4	27,8	27,3	26,9	27,4	27,2

Tabela 3.1: Alcance do módulo XBee

necessário para realizar a comunicação do computador com o transceptor. Assim, não podemos deixar de levar em consideração a alimentação de tal adicional.

## 3.2 Alcance

Esta etapa do experimento consiste em realizar os cinco passos de análise citados anteriormente, mudando entretanto o passo 5. Neste ponto, deve-se iniciar uma transmissão contínua de dados e iniciar o distanciamento entre os módulos. Essa transmissão foi gerada utilizando a PD-ADuC, que através de uma rotina infinita, gera uma transmissão de texto. Em determinado ponto a transmissão é interrompida, o que nos gera o limite máximo seguro para a mesma.

Como os fins desse estudo são para ambientes fechados, o teste de alcance foi adotado num ambiente fechado. A seguir, os procedimentos e resultados para cada um dos módulos.

### 3.2.1 ZigBee - XBee

Após iniciada a transmissão contínua com a PD-ADuC, desloca-se a mesma até que a transmissão no computador de monitoramento seja interrompida ou falhada, salvo que mostrará um ponto em que a mesma não mais será confiável.

Após os testes e aquisição de vários resultados, como pode ser observado na Tabela 3.1, chegou-se a um resultado médio de 26,94 m.

Vale destacar que as duas maiores e as duas menores medições foram descartadas e não constam nesta tabela.

### 3.2.2 Bluetooth - WBTv42

Após iniciada a transmissão contínua com a PD-ADuC, desloca-se a mesma até que a transmissão no computador de monitoramento seja interrompida ou falhada, salvo que mostrará um ponto em que a mesma não mais será confiável.

Medição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alcance (m)	9,1	8,7	8,4	8,9	8,7	9,2	9,2	8,8	9,3	9,1

Tabela 3.2: Alcance do módulo WBTV

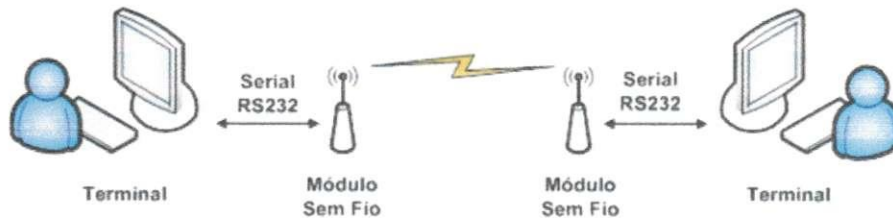


Figura 3.8: Avaliação da taxa de transferência

Após os testes e aquisição de vários resultados, como pode ser observado na Tabela 3.2, chegou-se a um resultado médio de 8,94 m.

Vale destacar que as duas maiores e as duas menores medições foram descartadas e não constam nesta tabela.

### 3.3 Taxa de Transferência

Dentre os três experimentos de teste, o da taxa de transferência é o mais simples, pois é realizado no próprio ambiente e não necessita de nenhum condicionamento ou movimentação. Este teste consiste em enviar um arquivo de um terminal a outro e verificar o tempo gasto para transmitir a quantidade de bits por segundo. O teste é feito em três momentos, com o envio de arquivos distintos.

#### 3.3.1 ZigBee - XBee

Após devidamente conectados, utiliza-se o HyperTerminal para executar a transmissão do arquivo. Em transferir -> enviar ou receber, seguido do tipo de modem utilizado.

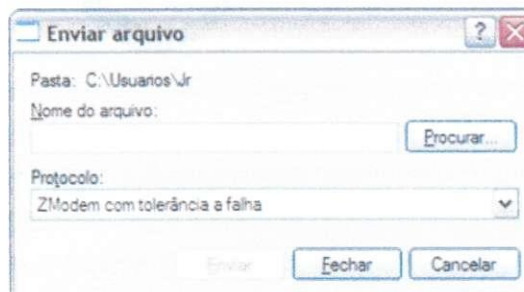


Figura 3.9: Iniciando transferência de arquivo pelo HyperTerminal

	Arquivo 1	Arquivo 2	Arquivo 3
Tamanho (KBytes)	5	629	3606
Tempo (s)	4,42	540	3090
Taxa (bps)	9270	9550	9560

Tabela 3.3: Taxa de transferência do XBee

	Arquivo 1	Arquivo 2	Arquivo 3
Tamanho (KBytes)	5	629	3606
Tempo (s)	4,43	539	3087
Taxa (bps)	9240	9560	9570

Tabela 3.4: Taxa de transferência do WBTv

Os resultados podem ser observado na Tabela 3.3. envio de um arquivo de 5 KBytes, 629 KBytes e 3606 KBytes.

### 3.3.2 Bluetooth - WBTv42

Após devidamente conectados, repete-se o procedimento igual do do XBee. Os resultados podem ser observado na Tabela 3.4. envio de um arquivo de 5 KBytes, 629 KBytes e 3606 KBytes.

Obtendo-se então uma taxa de transferência média de 9457 bps.



## Capítulo 4

# Conclusão

Diante dos três experimentos realizados, era de se esperar três resultados possíveis: ZigBee com maior alcance e menor consumo, e Bluetooth com maior taxa de transmissão, no entanto apenas dois pontos puderam ser confirmados.

É notório que o consumo do Bluetooth foi maior que o do ZigBee em aproximadamente 300 mW. Este parâmetro é extremamente importante porque vai tratar justamente do tempo de vida do nó sensor, pois o mesmo estará operando em algum ponto do sistema alimentado por bateria, e quanto menor for seu consumo maior será a duração desta.

Diretamente ligado ao consumo, tem-se a taxa de transmissão, pois como ambas as tecnologias operam na mesma faixa de frequência, e para que o Bluetooth possua uma maior transmissão de bits nessa, é necessário maior energia nos bits para que não haja interferência intersimbólica e seja garantida a integridade dos dados. Porém, essa superioridade numérica da taxa de transmissão do Bluetooth não pode ser comprovada no experimento devido a limitação da comunicação serial do módulo transceptor com o seu computador controlador. Assim, mesmo que a transmissão no meio aéreo fosse alta, esta seria limitada pela taxa do barramento de comunicação serial. Uma solução para contornar essa situação seria a análise dos pacotes no meio quando transmitidos através de um analisador de pacotes sem fio. Então seria possível visualizar o comportamento das tecnologias em seu funcionamento.

O experimento do alcance, dentre os realizados, mostrou-se bastante satisfatório porque mostrou seu comportamento bem dentro dos padrões esperados. Para o WBTV que é um dispositivo Bluetooth de classe 2, esperava-se um alcance de 10 m, e no entanto obteve-se um de 8,94 m o que reflete a um erro de 10,6%. Já para o módulo XBee, esperava-se um alcance de 30 m, obtendo um de 26,94 m, com um erro percentual de 10,2%.

De um modo geral, os objetivos deste trabalho foram alcançados, salvo que 2 dos 3 pontos interessados conseguiram ser objetivados, e o terceiro foi limitado pela capacidade da instrumentação.

## Referências Bibliográficas

- [1] Costa Afonso Bacelar Coimbra. Bluetooth, comunicações móveis, Abril 2003.
- [2] Analog Devices. Datasheet aduc832.
- [3] Halit Eren. *Wireless Sensors and Instruments Networks, Design, and Applications*. Taylor and Francis, Novembro 2005.
- [4] Gordon McNutt Bill Munday David Kammer Jennifer Bray, Brian Senese. *Bluetooth Application Developer's Guide*. CRC Press. United States of America, Fevereiro 2002.
- [5] Thienne M. Johnson. Redes de sensores sem fio (rssf): Uso de comunicação sem fio. [http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/thienne\\_johnson/rssf-intro.htm](http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/thienne_johnson/rssf-intro.htm), Abril 2008.
- [6] MaxStream. Datasheet xbee.
- [7] Antônio Rogério Messias. Controle remoto e aquisição de dados via xbee/zigbee (ieee 802.15.4). <http://www.rogercom.com/ZigBee/ZigBee.htm>, Maio 2008.
- [8] Zeevo. Zerial interface reference guide v1.4, 2003.