



ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

TRANSMISSÃO DE PARÂMETROS AMBIENTAIS ATRAVÉS DA TECNOLOGIA SEM FIO ZIGBEE

Alisson Carvalho de Oliveira¹; Carlos Henrique Portezani²

UEMS/CInAM – Caixa Postal 351, 79.804-970 – Dourados – MS, E-mail: alissoncarvalhodeoliveira@gmail.com
¹Bolsista PIBIC/UEMS/FUNDECT; ²Pesquisador CInAM/UEMS, Professor do curso de Engenharia Física/UEMS.

RESUMO

Nos dias atuais observa-se um aumento de preocupação com os problemas ambientais e no Estado de Mato Grosso do Sul este aumento é oriundo principalmente ao desenvolvimento industrial. Neste contexto esta pesquisa teve como objetivo a obtenção dos conhecimentos básicos na transmissão de parâmetros ambientais por rádio frequência através da tecnologia sem fio ZigBee. A tecnologia ZigBee foi desenvolvida em 2004 pela ZigBee Alliance e sofre constantes aprimoramentos. Caracteriza-se por uma menor taxa de erros de transmissão em ambientes ruidosos e um menor consumo de energia em relação as demais tecnologias de transmissão sem fio, comunica-se através de pequenos módulos de RF embarcados com os protocolos definidos pelo padrão ZigBee. A metodologia empregada no desenvolvimento deste trabalho teve como base pesquisas bibliográficas: acerca da tecnologia citada e das técnicas de transmissão por RF, do estudo e adoção de uma linguagem de programação de alto nível, o desenvolvimento de rotinas computacionais para efetiva comunicação e interpretação dos parâmetros transmitidos, assim como a implantação de uma rede de teste para verificar as funcionalidades da mesma. Os estudos permitiram realizar transmissões de níveis de tensão elétrica através do software para uso generalizado disponibilizado pela fabricante dos módulos de comunicação. Em seguida, desenvolveu-se um software para controlar um módulo local na função de gerenciador da rede, e organizar em arquivos de registros os parâmetros ambientais transmitidos por um módulo remoto conectado a um sensor ambiental, facilitando ao usuário a leitura dos parâmetros ambientais. Os módulos utilizados nesta pesquisa operam sobre o protocolo IEEE 802.11x, entretanto, como pequenas alterações, o software desenvolvido estará apto a trabalhar com módulos que operem em outros protocolos de rede utilizados ou criados

pelo padrão ZigBee. Os estudos e técnicas aplicadas nesta pesquisa, serviram como parâmetros para o desenvolvimento de novos trabalhos voltados ao monitoramento ambiental.

Palavras-Chave: Aquisição de sinais, Rede sem fio, Monitoramento ambiental.

INTRODUÇÃO

O Estado de Mato Grosso do Sul encontra-se em crescente industrialização e tal realidade implica em preocupações com seus possíveis impactos ambientais. Para garantir um desenvolvimento sustentável dos setores industrial sul-mato-grossense, faz-se necessário a implantação de políticas, técnicas e a elaboração de produtos que visem melhorias nos processos de monitoramento e gestão ambiental.

Entende-se como monitoramento ambiental um conjunto de observações qualitativa e quantitativa, contínua ou periódica, de parâmetros ambientais utilizados para gestão ambiental. O monitoramento ambiental pode ser realizado em micro e/ou macro escalas, sendo que o monitoramento em micro escala é realizado em pequenas e limitadas áreas geográficas, tal como a análise dos poluentes emitidos por uma chaminé industrial. Já o monitoramento em macro escala é realizado em regiões geográficas mais amplas, tal como a análise da qualidade da água ao longo de todo o trajeto de um rio (MONITORAMENTO AMBIENTAL, 2012).

A maneira como os parâmetros ambientais são adquiridos para se realizar o monitoramento pode ser manual com uso de instrumentos de medidas, ou automatizada através de equipamentos ou sensores de medidas que atuam sem intervenção constante.

Tratando-se do monitoramento ambiental em micro escala, a coleta ou medida manual de parâmetros pode ser realizada sem grandes esforços, pois podem ocorrer em uma determinada região geográfica e facilmente mover-se dentro desta região a fim de realizar medidas em toda sua distribuição. Ocasionalmente pode-se utilizar mais recursos de mão de obra humana, mantendo assim uma relação temporal entre as medidas. Já em um monitoramento em macro escala, se o processo para a realização de medidas de parâmetros for o mesmo utilizado para micro escalas poderá haver uma perda de sincronismo temporal das medidas, além de exigir um alto custo de mão de obra humana. Deste modo, a solução mais viável para a prática coletas de parâmetros em macro escala é sua automatização.

Outro fato importante no monitoramento em macro escala é a aglutinação dos parâmetros ambientais coletados. Esta aglutinação pode ser realizada manualmente, porém apresentaria desvantagens semelhantes às do processo de coleta, deste modo, a solução mais

eficaz para realizar esta atividade acaba sendo também a automatização do processo de transmissão e aglutinação dos parâmetros ambientais medidos.

Como já citado, a aquisição automatizada dos parâmetros ambientais pode ser realizada através de equipamentos ou sensores especialmente projetados para esta função, os quais geralmente produzem níveis de tensões elétricas que representam o valor do parâmetro ambiental medido (MISRA, Sudip; MISRA, Subhas Chandra; WOUNGANG, 2009). Estes níveis de tensões elétricas, podem então ser decodificados e armazenados no próprio equipamento, para posterior análise ou podem ser transmitidos a um ponto aglutinador para serem decodificados, armazenados e posteriormente analisados.

A etapa de transmissão automatizada dos níveis de tensões elétricas pode ser realizada através de um sistema de cabos elétricos específico, ou através de um sistema de comunicação sem fios (wireless). Em ambos os casos, utilizando de sistemas que já possuam protocolos de transmissão de dados estabelecidos e regulamentados. Como exemplo, os protocolos utilizados pela rede de computadores que constituem a internet.

Para o propósito de monitoramento ambiental automatizado não há a necessidade de altas taxas de transmissão de sinal, porém um maior alcance pode ser desejado. Neste aspecto a tecnologia ZigBee se destaca perante as demais, além do fato de possuir uma menor taxa de erros de transmissão em ambientes ruidosos, um menor consumo de energia em relação as demais tecnologias e baixo custo de implantação (LITJENS, 2009).

A tecnologia ZigBee foi desenvolvida em 2004 pela ZigBee Alliance (ZIGBEE ALLIANCE, 2014) sendo a mesma aperfeiçoada desde então.

O termo ZigBee designa um conjunto de especificações (padrões) para comunicação sem fio entre dispositivos, deste modo, sendo um padrão mundial, normalizado pelo IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), um determinado dispositivo de um fabricante poderá se comunicar com quaisquer outros dispositivos de diferentes fabricantes (ROGERCOM, 2013).

A Aliance ZigBee é uma organização composta por inúmeras empresas do setor tecnológico que juntas desenvolvem, aprimoram e fabricam dispositivos embarcados com o padrão ZigBee.

Uma rede sem fio ZigBee entre os equipamentos ou sensores ambientais e um dispositivo de armazenamento e aglutinação dos parâmetros ambientais, tal como um computador ou outro equipamento, é estabelecida fisicamente através da utilização de hardwares compactos e específicos, dotados de um dispositivo de radiofrequência e de um microcontrolador embarcado com o protocolo ZigBee.

Estes pequenos hardwares, os quais são denominados de módulos, podem exercer três funções distintas na rede, tais como as funções de roteamento, coordenação e de dispositivos de atuação reduzida ou dispositivos finais.

Os módulos quando configurados para função de dispositivos finais, tem a capacidade de fazer a leitura de sinais elétricos (níveis de tensões) analógicos ou digitais dos sensores ou equipamentos, além outras possíveis funções de comunicação com microcontroladores.

Os módulos roteadores estabelecem o trajeto do fluxo de dados transmitidos na rede. E o módulo coordenador tem a função de coordenar o funcionamento dos outros módulos durante o processo de transmissão, podendo também possuir a função de transferir os parâmetros ambientais para o dispositivo de armazenamento e aglutinação. A Figura 1 estabelece uma representação básica de uma rede ZigBee.

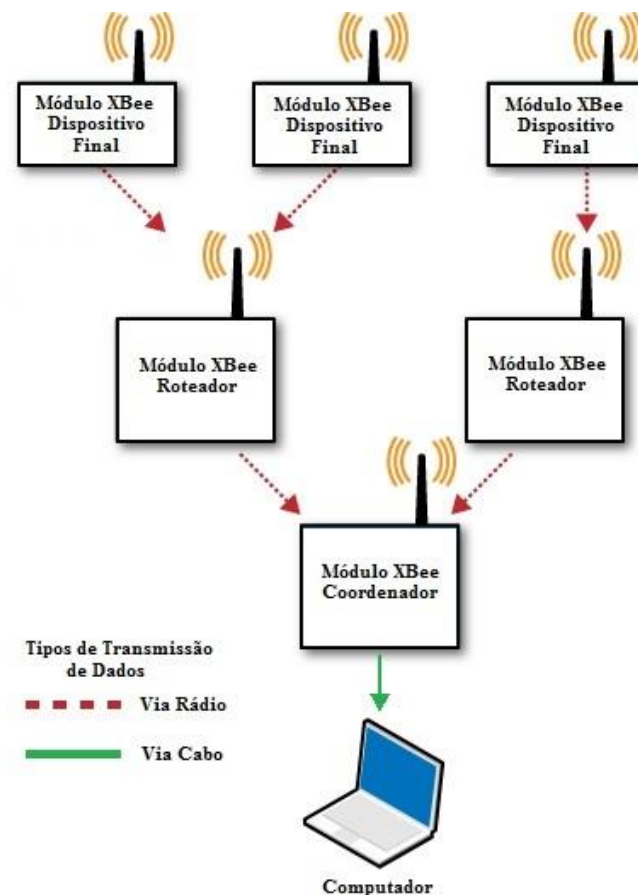


Figura 1. Representação de uma rede na tecnologia ZigBee.

Um modelo específico destes módulos, são fabricados pela Digi International (RAMOS, 2012) definidos neste trabalho como Módulos XBee.

Tais módulos possuem uma plataforma embarcada de radiofrequência que utiliza uma mesma configuração física de pinos para diferentes séries de arquitetura de hardware e software, além de serem classificados pela potência de transmissão em XBee e XBee-PRO.

Atualmente existem seis séries de Módulos XBee que se diferenciam na distância de comunicação, topologia de rede, forma de comunicação, consumo energético e protocolos de definição das camadas de rede.

Como exemplos de módulos da série seis mais atual, temos os módulos XB2B-WFUT, XB2B-WFST, XB2B-WFRS entre outros, de modo geral, Módulos XBee Wi-Fi, os quais são formados pela última geração de hardware, juntamente com o protocolo IEEE 802.11x que define as camadas física e de acesso ao meio do rádio transceptor e o padrão ZigBee definindo as camadas de rede e aplicação.

Os Módulos XBee Wi-Fi operam a 2.4GHz e possuem 14 canais disponíveis para comunicação com taxa de transmissão variável entre 1 a 65MHz dependendo do protocolo utilizado (RAMOS, 2012). O diferencial entre os Módulos XBee Wi-Fi em relação aos demais é o fato de que este pode operar numa rede sem a necessidade de módulos roteadores, os quais podem ser substituídos por roteadores convencionais operando no protocolo 802.11x.

O padrão ZigBee define dois modos de operação para seus dispositivos, sendo estes o modo transparente e o modo API. No modo transparente os dados recebidos pelo rádio são diretamente encaminhados para o pino TX da saída serial de comunicação do módulo. E os dados recebidos pelo pino RX da entrada serial são encaminhados para a fila de transmissão via rádio. Desta forma os dados são transmitidos e recebidos da mesma forma que em uma comunicação serial padrão.

O modo “Application Programming Interface” ou “Interface de Programação de Aplicação” (API) é uma alternativa mais elaborada ao modo transparente, pois tem como base frames interpretados pelos dispositivos. Este modo de operação estende as possibilidades de uso dos dispositivos de forma que uma aplicação hospedada remotamente pode interagir com as capacidades do módulo.

Os frames API são divididos em duas classes, sendo frames API com caractere sinalizado e sem caractere sinalizado, no qual os dois tipos possuem uma determinada estrutura interna conforme representação da Figura 2. O byte 1 do frame informa aos módulos remotos que iniciou-se uma comunicação em modo API. Os bytes 2 e 3 indicam o comprimento do quadro de dados subsequente. O quadro de dados, byte 4 e posteriores, informam qual o comando a ser executado. E o último byte do frame serve para verificar a integridade do pacote de dados recebido.

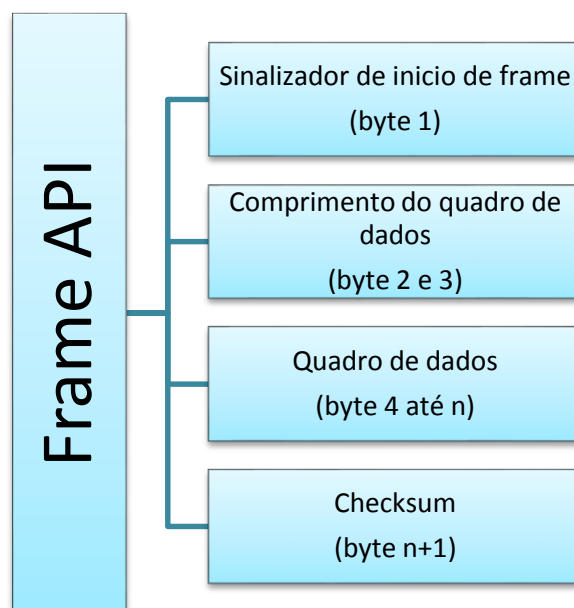


Figura 2. Estrutura interna de um frame API.

Para se definir as configurações básicas ou realizar atualizações de firmware dos Módulos XBee, a fabricante Digi International disponibiliza um software denominado XCTU (DIGI INTERNATIONAL, 2013), o qual conecta-se ao módulo localmente para realizar tais funções. A Figura 3 apresenta a tela principal do software XCTU em sua versão 6.1.1 e a Figura 4 apresenta a tela de configuração dos módulos.

Caso o dispositivo de armazenamento e aglutinação dos parâmetros transmitidos em uma rede ZigBee for um computador, este deve possuir um software específico que utilizando-se do modo de comunicação através de frames API com os Módulos XBee, poderá gerenciar todo o processo de monitoramento, além de possibilitar a leitura dos parâmetros ambientais de uma forma facilitada ao usuário do computador.

Para interpretar corretamente os parâmetros ambientais de um sensor, os quais são transformados em níveis de tensões que são adquiridos e transmitidos por um Módulo XBee, o software específico deve converter os respectivos níveis de tensões através de uma função de transferência. Esta função deve relacionar a grandeza ambiental monitorada com seu equivalente em tensão.

Entretanto, antes desta conversão há a necessidade de separação e transformação dos dados contidos nos frames API relacionados aos níveis de tensões transmitidos, os quais estão no sistema hexadecimal e devem ser transformados para decimal e em seguida convertidos para um nível de tensão em milivolts segundo a Equação (1) a seguir:

$$Parâmetro [mV] = \frac{V_{hd} \cdot V_{ref}}{1023} . \quad (1)$$

Na Equação (1) a variável V_{hd} é o valor transmitido do parâmetro em hexadecimal já convertido para decimal e V_{ref} é o valor de uma tensão de referência previamente configurada para o módulo.

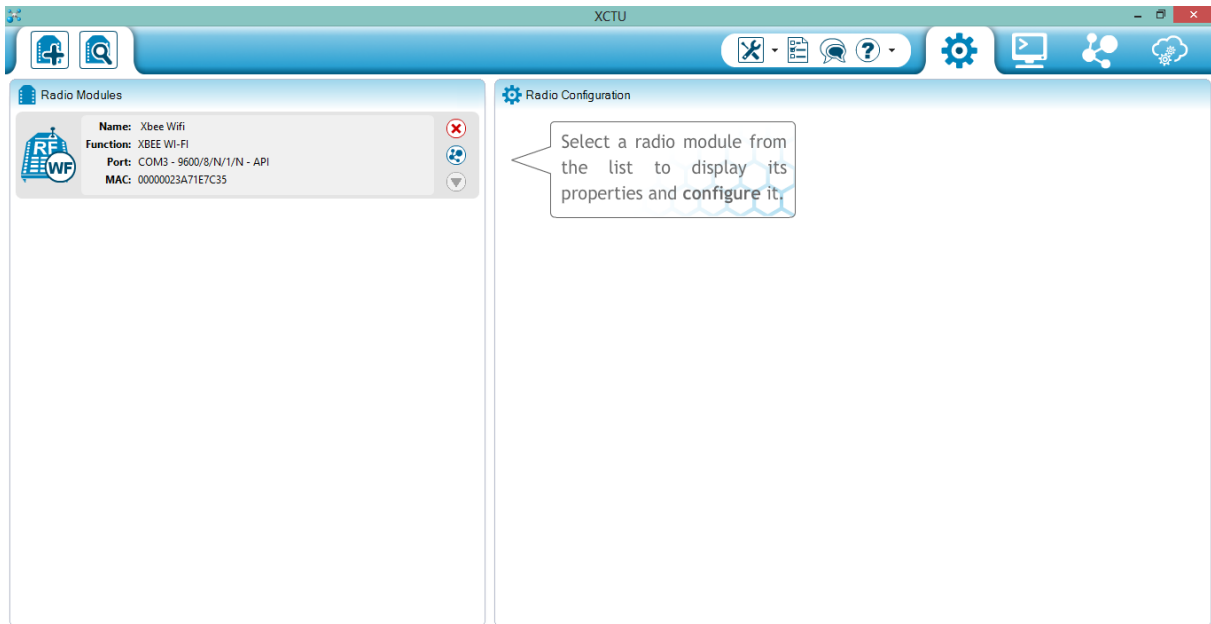


Figura 3. Representação da tela principal do software XCTU.

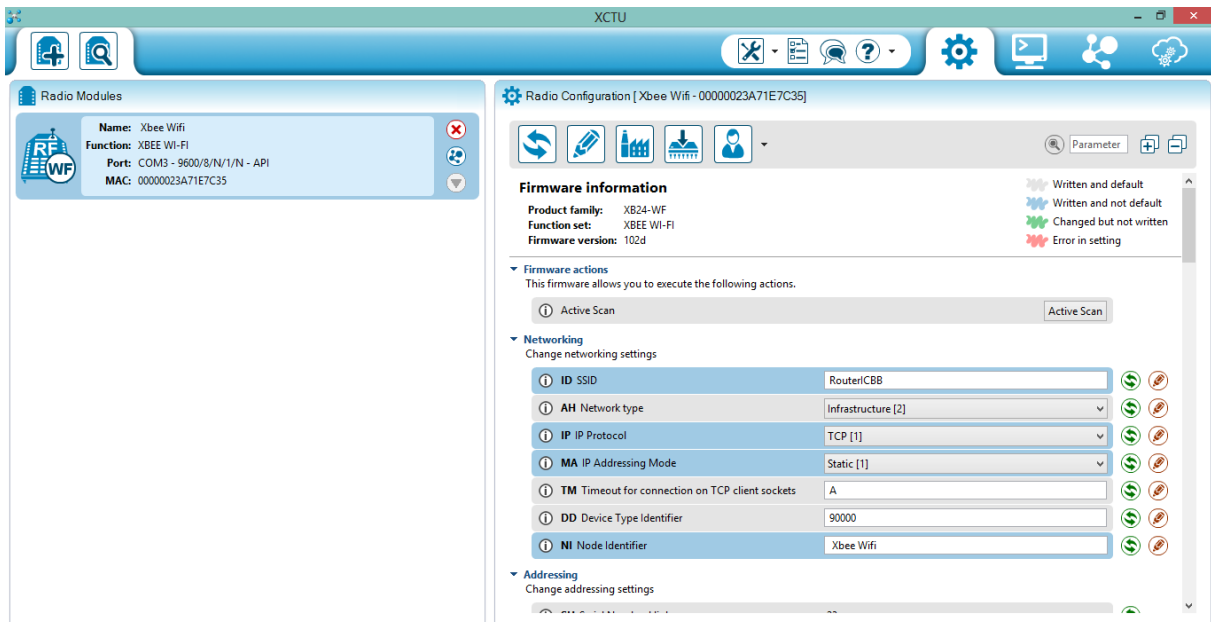


Figura 4. Representação da tela de definição das configurações básicas dos módulos do software XCTU.

Pensando no contexto de sustentabilidade e conhecendo a existência da tecnologia ZigBee, surgiram as ideias para esta pesquisa, a qual tem como objetivo estudar a transmissão de parâmetros resultantes de um processo automatizado de monitoramento, voltado para aplicações de cunho ambiental, através da tecnologia de redes sem fio ZigBee.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram adquiridos dois Módulos XBee Wi-Fi, um dispositivo de conversão RS-232 para USB específico para módulos XBee designado por CON-USBBEE XPlus, além de uma placa de circuito impresso designada PROTO-BEE.

Uma rede wireless foi estabelecida entre os Módulos XBee Wi-Fi (coordenador e dispositivo final) através de um roteador Wi-Fi. Nesta rede o dispositivo CON-USBBEE XPlus foi utilizado para estabelecer uma conexão serial em protocolo RS-232, entre o Módulo XBee Wi-Fi coordenador e um microcomputador que contém o software XCTU e um software específico desenvolvido para gerenciar o processo de monitoramento. A placa de circuito impresso PROTO-BEE foi utilizada para facilitar as ligações elétricas do sensor ao do Módulo XBee Wi-Fi que atua remotamente como dispositivo final.

Na Figura 5 temos a representação da rede wireless estabelecida, na qual o dispositivo (1) é o microcomputador, (2) é o Módulo XBee Wi-Fi coordenador conectado via porta USB ao computador através da placa CON-USBBEE XPlus, (3) é o roteador da rede wireless e (4) é o dispositivo final caracterizado pelo Módulo XBee Wi-Fi remoto que se conecta ao sensor do parâmetro ambiental a ser transmitido.

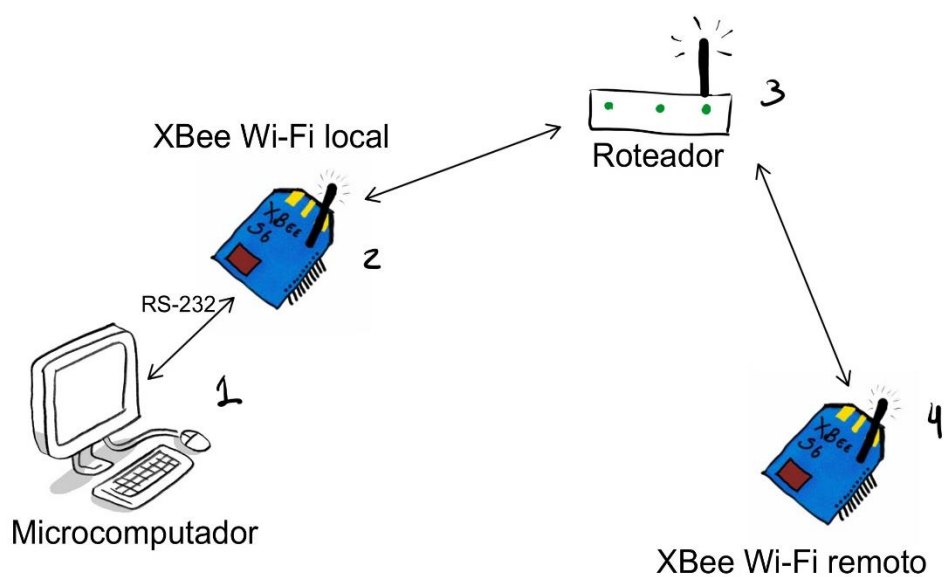


Figura 5. Representação da rede wireless estabelecida com os Módulos XBee Wi-Fi.

O software específico desenvolvido para gerenciar o processo de monitoramento, denominado “Software para Aquisição de Parâmetros via XBee Wi-Fi” (SAP-X Wi-Fi), foi criado na linguagem de programação JAVA (DEITEL, P.; DEITEL, H., 2010), utilizando para tal o ambiente de desenvolvimento Eclipse (GONSALVES, 2006).

Para fins de verificação do funcionamento do software SAP-X Wi-Fi foi utilizado um potenciômetro de 10 k Ω para realizar a simulação de um sensor de parâmetros ambientais. Através deste potenciômetro e com auxílio de um voltímetro digital foram estabelecidos níveis de tensão a serem transmitidos pelo módulo XBee remoto, os quais foram comparados aos valores registrados pelo software.

A Figura 6 apresenta a montagem experimental em matrizes de contatos do potenciômetro de 10 k Ω (1) ligado ao Módulo XBee Wi-Fi remoto (2), o qual se encontra conectado a placa de circuito impresso PROTO-BEE (3) que possui uma entrada de alimentação específica (4) de 9 Vcc.

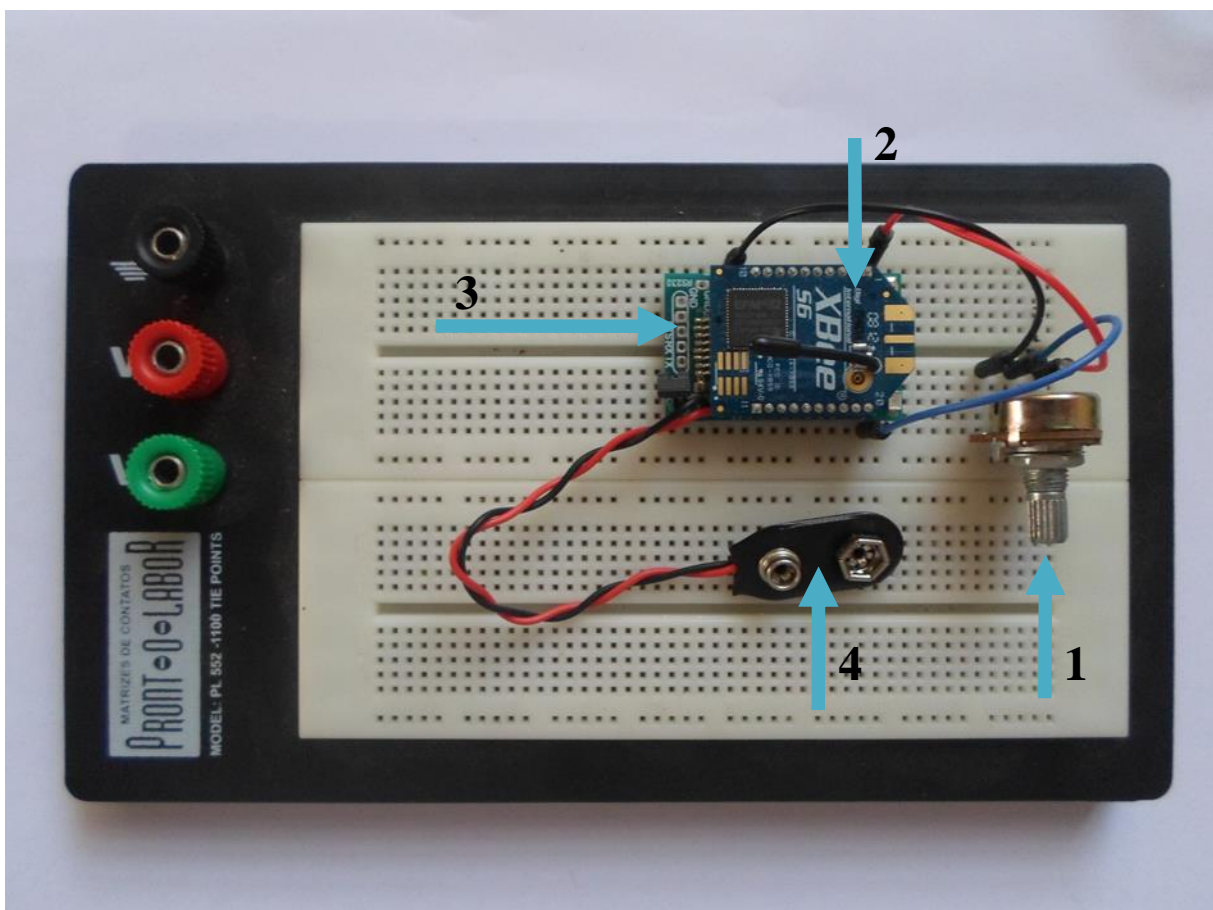


Figura 6. Montagem em matrizes de contatos de um potenciômetro de 10 k Ω simulando um sensor de parâmetros ambientais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No âmbito de produtos resultantes da pesquisa realizada temos a criação de rotinas computacionais, classes, procedimentos e interface visual, que juntos formam o software SAP-X Wi-Fi, sendo este restrito ao uso de apenas um Módulo XBee Wi-Fi e um parâmetro monitorado.

Na Figura 7 temos a imagem da tela inicial do software SAP-X Wi-Fi e na Figura 8 temos a imagem do software durante um procedimento de aquisição e armazenamento de um parâmetro.

A Figura 9 apresenta a imagem do arquivo resultante de um processo de coleta do parâmetro ambiental simulado (nível de tensão gerado pelo potenciômetro).

As informações contidas neste arquivo de extensão .TXT são a data, hora e os valores monitorados do parâmetro, sendo a criação e gerenciamento deste arquivo realizado pelo software SAP-X Wi-Fi.

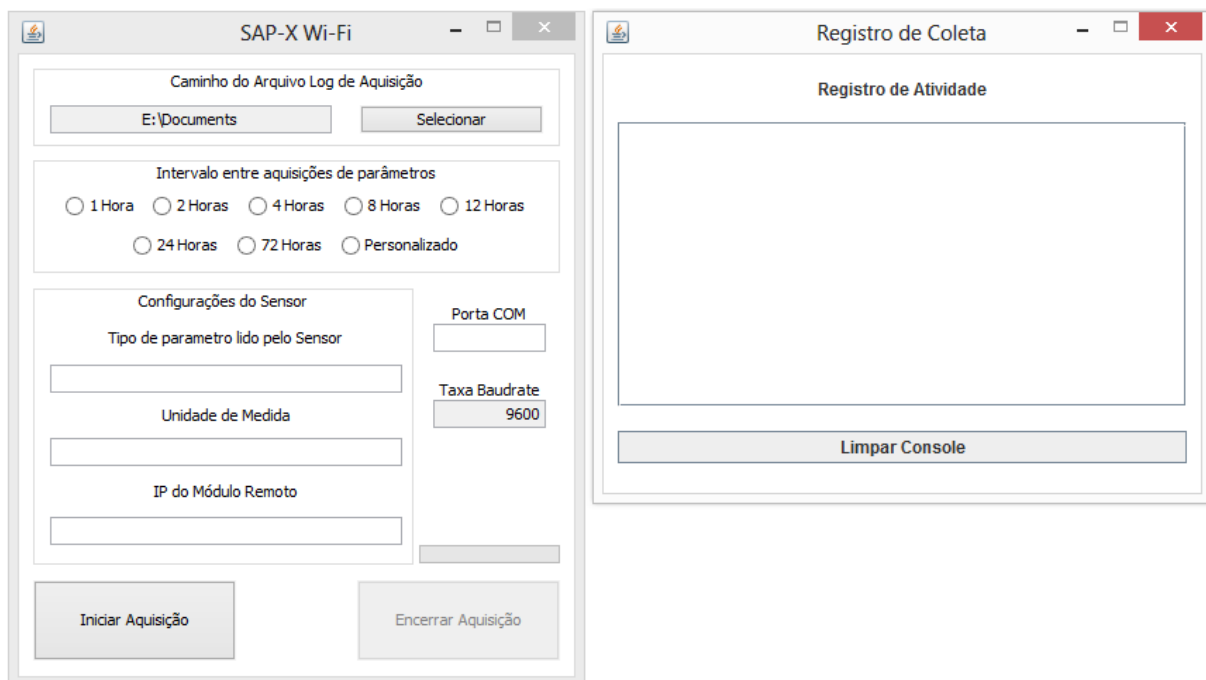


Figura 7. Imagem da tela inicial do software SAP-X Wi-Fi.

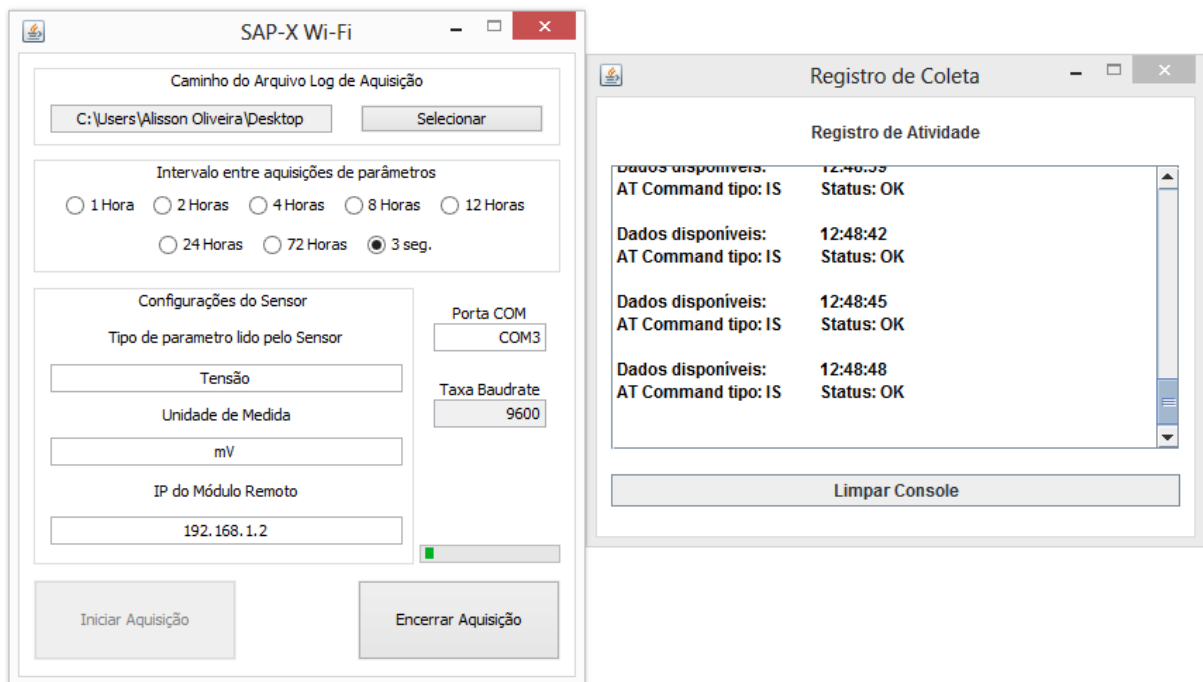


Figura 8. Imagem da tela do software SAP-X Wi-Fi durante um procedimento de aquisição e armazenamento de um parâmetro, configurada para ocorrer a cada 3 segundos.

The image shows a Notepad window titled 'Tensão_01_08_2014 - Bloco de notas'. The window contains a table with the following data:

Ano	Mês	Dia	Hora	Tensão(mv)
2014	08	01	05:03	1129
2014	08	01	06:03	1129
2014	08	01	07:03	1129
2014	08	01	08:03	816
2014	08	01	09:03	716
2014	08	01	10:03	948
2014	08	01	11:03	1507
2014	08	01	12:03	1510
2014	08	01	13:03	1009
2014	08	01	14:03	676
2014	08	01	15:03	425
2014	08	01	16:03	1182
2014	08	01	17:03	1180

Figura 9. Imagem do arquivo de coleta, no qual a aquisição e armazenamento do parâmetro tensão é realizado em intervalos temporais de uma hora, sendo o processo controlado pelo software SAP-X Wi-Fi.

Na Figura 10 temos uma representação do fluxograma de funcionamento do software SAP-X Wi-Fi.

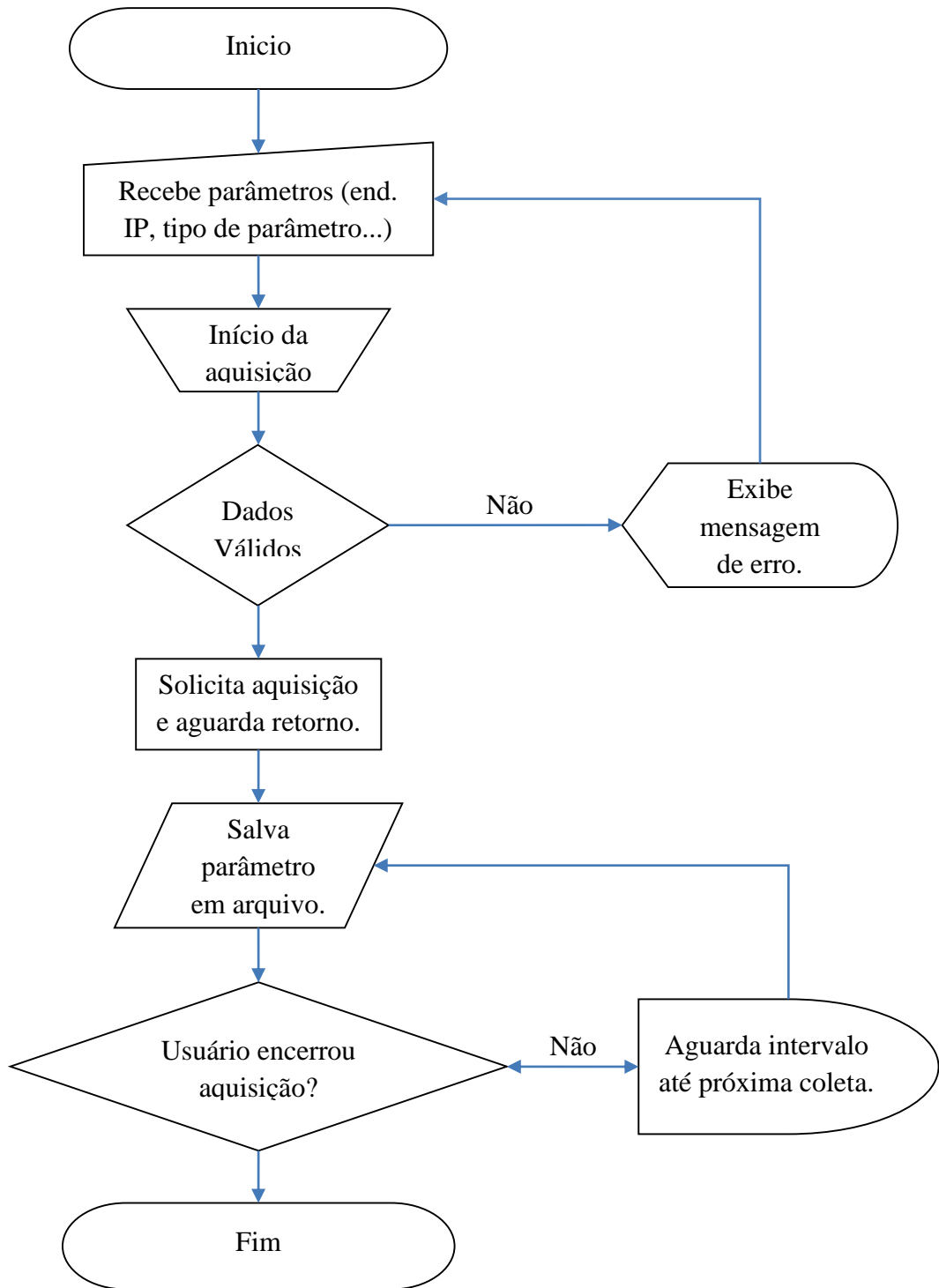


Figura 10. Fluxograma de funcionamento do software SAP-X Wi-Fi.

Como resultado da comparação dos valores de tensão registrados pelo software SAP-X Wi-Fi e aqueles gerados pela simulação do sensor ambiental através do potenciômetro de 10 k Ω e medidos com um voltímetro digital, basicamente não houveram diferenças significativas, ou seja, os registro dos valores procederam corretamente.

CONCLUSÕES

Com este trabalho notamos a potencialidade da tecnologia ZigBee como aliada aos processos de monitoramento ambiental e construímos uma forte base de conhecimento para aplicações futuras. O software desenvolvido pode ser utilizado em trabalhos de transmissão de parâmetros ambientais assim como em outras áreas, desde que utilizem o padrão ZigBee associado ao protocolo IEEE 802.11.x.

O software também pode sofrer aprimoramentos em trabalhos futuros visando implementações mais elaboradas como por exemplo, a transmissão de parâmetros de controle, afim de monitorar e gerir possíveis parâmetros ambientais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) e a Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa através da concessão de uma bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

DEITEL, P.; DEITEL H. **Java como programar**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 1152 p. ISBN: 9788576055631.

DIGI INTERNATIONAL. **XBee Wi-Fi RF Module - S6**: firmware version 200. Minnetonka: Digi International, 2013. Cap. 7, p. 56-73. Disponível em: <http://ftp1.digi.com/support/documentation/90002124_K.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2014.

GONÇALVES, E. **Dominando o eclipse**: tudo que o desenvolvedor Java precisa para criar aplicativos para desktop, da criação do aplicativo ao desenvolvimento de relatórios. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006. 326 p. ISBN: 8573934867.

LITJENS, O. J. **Automação de estufas agrícolas utilizando sensoriamento remoto e o protocolo ZigBee**. 2009. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

MISRA, S.; MISRA, S. C.; WOUNGANG, I. **Guide to wireless sensor networks**. Springer, 2009. 721 p. ISBN: 9781848822177.

MONITORAMENTO AMBIENTAL. Wikipédia: a enciclopédia livre, 2012. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Monitoramento_ambiental>. Acesso em: 27 jul. 2014.

RAMOS, J. D. S. B. **Instrumentação eletrônica sem fio**: transmitindo dados com módulos XBee ZigBee e PIC16F877A. São Paulo: Érica, 2012. 238 p. ISBN: 9788536504018.

ROGERCOM. O maior conteúdo brasileiro sobre porta paralela, 2013. Disponível em: <<http://www.rogercom.com.br>>. Acesso em: 27 jul. 2014.

ZIGBEE ALLIANCE. Disponível em: <<http://www.zigbee.org>>. Acesso em: 25 jul. 2014.