



ESTUDO SOBRE RASTREAMENTO PATRIMONIAL EMPREGANDO ETIQUETAS RFID E REDES ZIGBEE

Patrícia Mônica Campos Mayer Vicente – mayerpatricia1@gmail.com

Instituto Federal de Santa Catarina

Avenida Mauro Ramos, 950 – Centro

88020-300 – Florianópolis – Santa Catarina

Fillipi Truppel Fernandes – truppelfernandes@gmail.com

Roberto Alexandre Dias – roberto@ifsc.edu.br

Resumo: *O presente artigo apresenta uma breve revisão bibliográfica sobre a utilização de etiquetas RFID no contexto da “Internet das Coisas”, demonstrando por meio de um protótipo a integração de leitores RFID com a rede de sensores sem fio (Zigbee). O estudo destas tecnologias tem como objetivo dar suporte ao desenvolvimento de um Sistema de Rastreamento da Mobilidade Patrimonial, permitindo a identificação do deslocamento dos bens, bem como a detecção de possíveis furtos de forma integrada a sistemas corporativos. No entanto, este projeto está restrito ao estudo de sistemas de leitura de etiquetas RFID e transmissão dos dados lidos para a Internet, através do padrão Zigbee. Como resultado parcial foi desenvolvido um protótipo de sistema de autenticação de acesso através de tags RFID com uso de redes Zigbee.*

Palavras-chave: RFID, Zigbee, X-BEE, redes, internet.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente com a expansão da Internet, o conceito de internet física surge dentro do paradigma da “Internet das Coisas – *Internet of Things* (IoT)”. De acordo com (LIU, 2012), IoT é a chamada terceira onda da indústria mundial da informação e consiste numa série de sistemas de informação integrados a sensores, como leitores de código de barras, etiquetas RFID, sistemas de detecção de posicionamento global, entre outros, todos interligados por uma infraestrutura de redes de acesso, sobretudo sistemas de redes sem fio.

O grande desafio da IoT é a integração de dispositivos e sistemas heterogêneos, com baixa capacidade de processamento em larga escala, exigindo o emprego de diversas tecnologias diferentes (GUBBI, 2013).

Entre as tecnologias para integração de dispositivos destaca-se o padrão Zigbee como protocolo de comunicação padrão com baixo custo, com certificação de entrega de dados por radiofrequência, baseado no *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE 802.15.4), sendo este um conjunto de normas que determinam as especificidades ponto-a-ponto, permitindo comunicações robustas, possuindo ótima imunidade contra interferências com capacidade de hospedagem elevada, sendo possível agrupar mais de 65000 dispositivos em uma rede.

A taxa de transferência de dados é baixa, variando entre 20kbps e 250kbps, como sua finalidade está voltada para aplicações industriais, o fato de não ter uma velocidade tão alta

quanto às outras tecnologias não interfere em sua execução, quando o dispositivo não está sendo utilizado, entra em estado de “dormência”, assim reduzindo o consumo de energia e aumentando o seu tempo de duração.

De acordo com (JIA, 2012) sistemas de identificação por rádio frequência – (*Radio Frequency Identification* - RFID) auxiliam máquinas e computadores a identificar objetos, gravar metadados sobre os mesmos e controlar alvos individuais através de rádio frequência. Sistemas de RFID consistem basicamente de leitores de etiquetas de rádio frequência (ou chaveiros ou cartões) e um sistema de transmissão adjacente.

No presente trabalho foi explorada a integração Zigbee + RFID como contexto para desenvolvimento de um sistema para rastreamento patrimonial. Uma proposta de modelo para um sistema desta natureza é apresentado na figura 1. O sistema proposto permitirá a localização dos bens, seu deslocamento e também colaborando com a prevenção contra possíveis tentativas de furtos. O momento atual da pesquisa encontra-se no estudo sobre os sensores sem fio padrão Zigbee, utilizando o Xbee®¹, o qual é uma banda de rádio que suporta inúmeros protocolos de comunicação, incluindo a rede Zigbee.

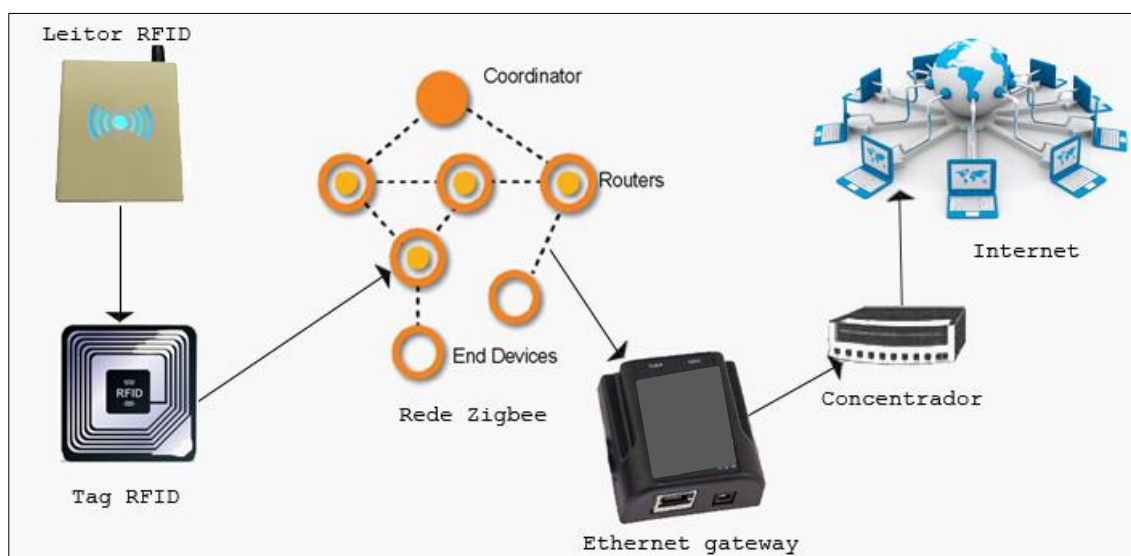


Figura 1 – Modelo de Sistema de Rastreamento Patrimonial

Portanto, este artigo tem como objetivo promover a curiosidade para que esses estudos possam ser aprofundados para que se possam diversificar as aplicações dessa associação.

2. METODOLOGIA

A metodologia empregada no projeto consiste nas seguintes etapas:

- a) Revisão bibliográfica sobre tecnologia RFID e redes de sensores sem fio no padrão Zigbee;
- b) Estudo da programação de microcontroladores padrão Arduino;
- c) Estudo de dispositivos de comunicação Xbee® da empresa Digi International (hardware e software);

¹ Módulo da empresa Digi international, utilizado em aplicações wireless de baixo custo.

- d) Desenvolvimento de um protótipo de sistema de autenticação de acesso empregando etiquetas RFID e redes Zigbee;
- e) Documentação do projeto no blog: <http://ondeestou.nersd.ifsc.edu.br/>, de acesso público.

2.1. Rede Zigbee

São identificados dois tipos de dispositivos: dispositivos de funções completas – FFD (*Full Function Device*) e dispositivos de funções reduzidas – RFD (*Reduced Function Device*). Desses tipos, existem então três classes que atuam na rede Zigbee e que podem operar no modo *sleep*, ou seja, onde funcionam com a entrada de sinal, acarretando na redução do consumo energético (FALUDI, 2010):

Coordenador (C): É responsável pela inicialização, distribuição de endereços, manutenção, reconhecimento dos nós, entre outras funções. Só pode ser implementado por meio de um dispositivo FFD.

Roteador (R): É um nó normal da rede, aumenta o alcance da rede zigbee, por meio do encaminhamento das mensagens para os nós adjacentes, aumentando o alcance da rede. Qualquer dispositivo na rede Zigbee pode atuar como roteador, além de suas outras funções. Só pode ser implementado por meio de um dispositivo FFD.

Dispositivo final (DF): É o local no qual são instalados os sensores ou atuadores, logo é o nó que consome menos energia, pois na maioria do tempo está em estado de dormência. Pode ser tanto FFD quanto RFD.

As principais topologias da rede Zigbee, ou seja, possibilidades de agrupamento desses dispositivos são: *Star*, *Cluster tree* e *Mesh*. A figura 2 mostra a topologia *Star*.

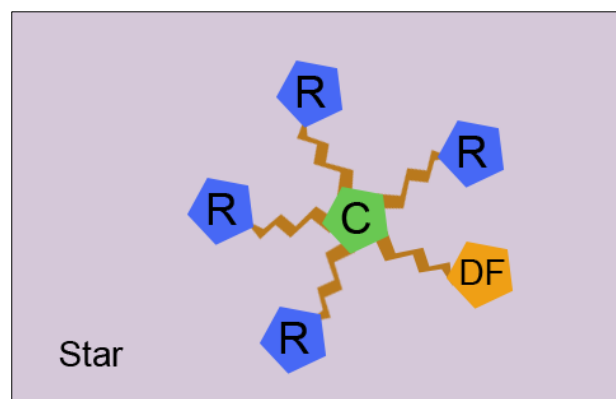


Figura 2 – Topologia *Star*

Nesta topologia, o coordenador assume a função central, inicializando toda a rede e mantendo todos os dispositivos dentro desta, os roteadores e dispositivos finais não se comunicam entre si, portanto, toda a informação transmitida obrigatoriamente passa pelo nó central.

De todas, é a mais simples de ser implementada, recomenda-se a sua utilização em locais com poucos obstáculos, tais como lugares abertos. A figura 3 apresenta a topologia *Cluster tree*.

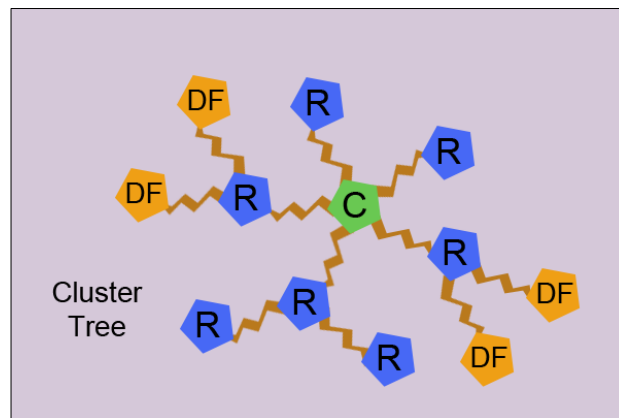


Figura 3 – Topologia *Cluster tree*

É a topologia onde há a hierarquia, novamente o coordenador assume a função de nó mestre para a transmissão dos dados entre os roteadores e dispositivos finais sendo que existem ramificações (primárias e secundárias) e o que as diferencia é a forma de como a informação será repassada, as primárias só podem trocar dados passando-os pelo coordenador, e as secundárias podem se comunicar entre si pelos roteadores. A figura 4 demonstra a *Mesh*.

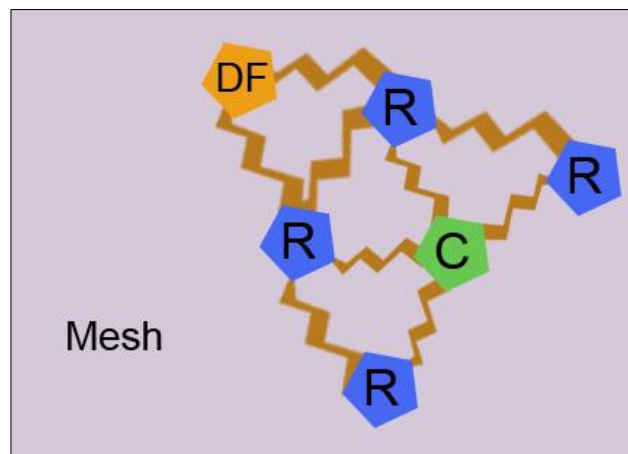


Figura 4 – Topologia *Mesh*

Na topologia *Mesh*, o coordenador somente registra entrada e saída de dispositivos da rede, a qual se auto-organiza de modo a aperfeiçoar a transferência de dados, deixando os roteadores com liberdade para transmitirem a informação necessária. Este tipo de rede pode agregar muitos dispositivos, permitindo vários caminhos caso um deles esteja danificado.

Portanto, nota-se a versatilidade da rede na implementação de diferentes topologias, podendo também em uma mesma rede ter a coexistência de todas as topologias.

2.2. Módulo XBEE® e XBEE-PRO®

Os módulos XBEE® e XBEE-PRO® RF foram projetados para operar dentro do protocolo Zigbee, dentro da frequência ISM – 2.4GHz e são recomendados para aplicações de baixo custo energético e econômico. Estes transmitem a informação entre si confiavelmente.

Entre si, esses módulos possuem algumas características específicas, as quais podem ser encontradas em sua folha de dados.

Estes módulos podem operar em dois modos diferentes, o primeiro deles é o transparente, no qual os dados recebidos do transmissor/receptor assíncrono universal (UART) pelo pino **DI** (RX – entrada) são colocados na fila para transmissão via radiofrequência – RF, são transmitidos por meio do pino **DO** (TX – saída). Os dados são transmitidos e recebidos da mesma forma que uma comunicação Serial RS232 padrão. Os módulos dispõem de *buffers* de transmissão e recepção para um melhor desempenho na comunicação serial.

No modo API os dados transmitidos e recebidos estão contidos em frames, que definem operações ou eventos dentro do módulo. Por meio desse modo de operação é possível um determinado módulo enviar endereço fonte, endereço destino, nome de um determinado nó, sinal RSSI, estado, e muito mais.

2.3. Identificação por rádio frequência (RFID)

O desenvolvimento de tecnologias para otimização das linhas de produção e seu monitoramento vêm crescendo com o passar do tempo, impulsionando diversas pesquisas, onde a tecnologia de identificação por rádio frequência (RFID) se enquadra.

O RFID obtém os seus dados por meio da frequência de rádio, permitindo atribuição de uma identidade única a uma pessoa ou a um objeto por meio do armazenamento de um número de série em um microchip o qual se encontra em uma etiqueta.

Os sistemas são compostos por etiquetas (*transponders*), leitores e a implementação de um banco de dado acessando as informações sobre o objeto identificado. Quando a etiqueta entra na zona de leitura do leitor, o qual emite um campo magnético ativando a *tag* para troca ou envio de informações. No mercado existem diversos modelos com suas respectivas características e são utilizadas de acordo com a aplicação almejada. A figura 5 mostra exemplos do sistema RFID.



Figura 5 – Exemplo de sistema RFID

Entretanto, existem alguns problemas que necessitam ser mais bem explorados, tais como:

Preço: embora atualmente os preços destes dispositivos estejam competitivos a ponto de substituir inclusive códigos de barra em produtos, para produtos de baixo valor, e baixo lucro, esta substituição não se mostra vantajosa.

Poder de processamento e fornecimento de energia: para dispositivos com RFID ativo, o tempo de vida da bateria ainda é um problema. A curta duração da carga das baterias atuais limita o desenvolvimento de novos dispositivos e aplicações, pois estes requerem mais poder de processamento, que por sua vez requer maior fornecimento de energia. Para dispositivos com RFID passivo, embora eles sejam energizados no momento da utilização pelo leitor, a carga obtida por esta energização é proporcional à distância que este se encontra do leitor, de modo que quanto mais distante menor a carga obtida.

Distância de leitura: independentemente do problema de poder de processamento, algumas aplicações podem requerer que a identificação de dispositivos com RFID seja feita a muitos metros de distância, o que ainda não é suportado.

Miniaturização: embora pequenos o suficiente para serem colocadas em etiquetas, algumas aplicações podem necessitar de dispositivos RFID imperceptíveis à visão e ao tato, para permitir sua total integração à rotina das pessoas. Outras podem requerer um alto número de dispositivos no mesmo local, de modo que o tamanho atual dos dispositivos inviabiliza esta acumulação.

3. DESENVOLVIMENTO

Após os estudos realizados, inicialmente utilizou-se o *software* X-CTU para estabelecer uma primeira comunicação entre dispositivos X-BEE. Para tanto, algumas configurações específicas foram necessárias, tais como: colocar os dispositivos na mesma *baud rate* e utilizar o mesmo endereçamento para que ocorra a transmissão completa de dados. Estes foram configurados em modo AT², utilizando de um coordenador (DIGI Connect Port x2) e um *end device* (X-BEE PRO®), devidamente apresentados na figura 6.

² Linguagem de comandos orientados por linhas.

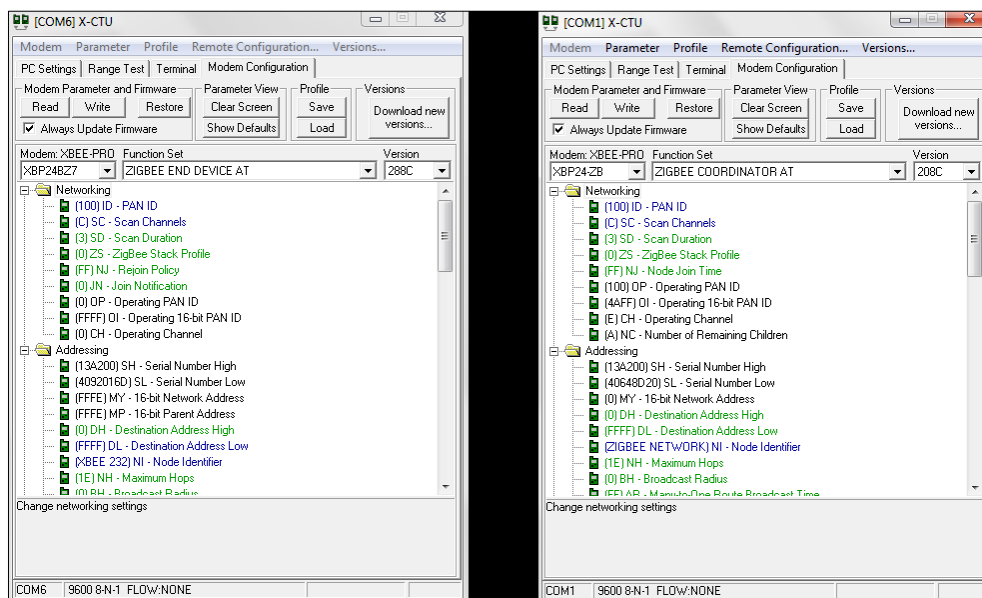


Figura 6 – Configuração do software X-CTU

Com isso, executou-se um simples teste para verificação do êxito na comunicação entre os módulos, apresentado na figura 7.

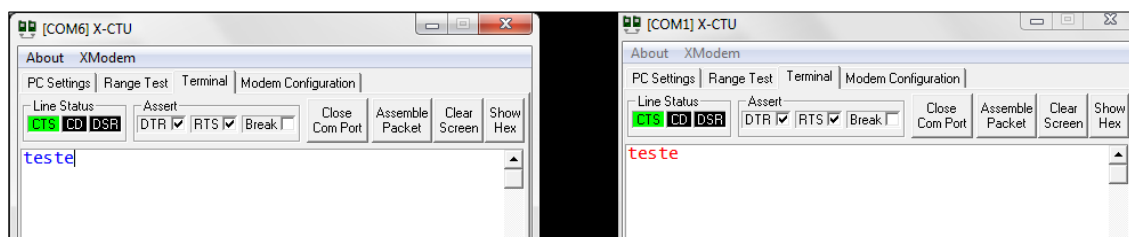


Figura 7 – Exemplo de teste apresentando a comunicação entre os dispositivos

Posteriormente, desenvolveu-se um exemplo de aplicação utilizando a plataforma *Arduino* para promover a exibição de um identificador único do módulo X-BEE e o RFID.

Os seguintes materiais foram utilizados:

- Arduino Uno – <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- Shield X-bee – <http://playground.arduino.cc/shields/xbee01>
- Módulo X-bee pro – <http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/zigbee-mesh-module/xbee-zb-module#docs>
- DIGI ConnectPort x2 – <http://www.digi.com/products/wireless-routers-gateways/gateways/connectportx2gateways>

A figura 8 demonstra as conexões realizadas, as quais foram: conexão dos pinos Rx e Tx do módulo ao X-bee shield (o qual estava junto ao arduino uno), e no pino 09 do módulo X-bee Pro, sendo este o responsável pelo modo “sleep”, e também fora feito um curto para que o X-bee pudesse ficar o tempo todo “acordado” para a execução do experimento.

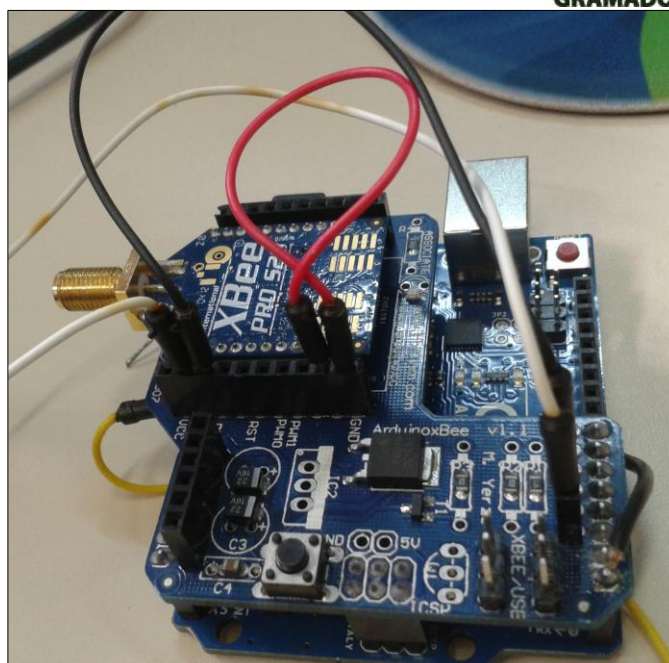


Figura 8 – Conexões realizadas

Na figura 9 está apresentada uma parte do código que fora feito para a validação parcial do projeto, para conferir o código na íntegra, acessar: <http://ondestou.nersd.ifsc.edu.br/?p=136>

```
example_blog | Arduino 1.0.2
File Edit Sketch Tools Help

example_blog

void setup()
{
  // You shall see these messages in Arduino Serial Monitor
  // This part is the official library , it will be used for talking to
  // PC serial port
  Serial.begin(BaudRate);
  Serial.println("XBee Communication Test Start !");
  Serial.print("BaudRate:");
  Serial.println(BaudRate);

  // This part is the NewSoftSerial for talking to XBee
  mySerial.begin(BaudRate);
  delay (5000);
  mySerial.print("Starting!");
  delay (1000);

  mySerial.print("+++"); //starts the command mode on Xbee
  delay(2000);
  i = 0;
  while( mySerial.available() ) {
    c[i] = mySerial.read();
    i++;
  }
  c[i] = '\0';

  mySerial.print("ATSL\r\r"); //requests the low serial number
  delay (2000);
  i = 0;
  while( mySerial.available() ) {

Done Saving.

As of Arduino 1.0, the 'BYTE' keyword is no longer supported.
Please use Serial.write() instead.

2
```

Figura 9 – Parte do código

A implementação e validação integral do modelo da figura 10 e figura 11, o qual interliga etiquetas RFID e rede Zigbee, será desenvolvida ao longo do trabalho de dissertação de mestrado e projetos de iniciação científica e tecnológica futuros.

Com este objetivo, foi desenvolvido um protótipo de sistema de autenticação de acesso dos usuários do Laboratório do Grupo de Sistemas Embarcados e Distribuídos – NERsD, do campus de Florianópolis.



Figura 10 – Hardware parcial do protótipo

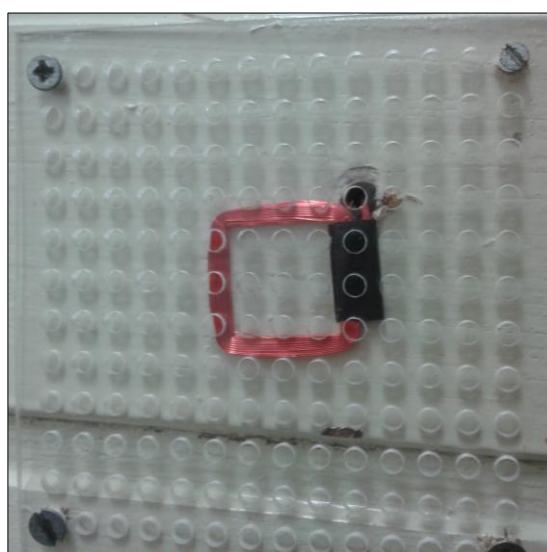


Figura 11 – Leitor RFID



O sistema da figura 10 consiste de um módulo leitor RFID da Tato (TATO, 2013), instalado na parede externa do laboratório, interligado a uma placa de micro controlador AVR ATMEGA 328 padrão *Arduino*, instalado na parede interna (a), no qual foi instalado um firmware para detecção e autenticação das *tags*.

O sistema está interligado a um módulo X-Bee fabricado pela empresa Digi International (DIGI, 2013), doado pela empresa Albacore LTDA.

4. CONCLUSÕES

O presente artigo representa os resultados parciais do projeto de iniciação científica. Entre os principais resultados do trabalho, é destacada a capacitação dos bolsistas envolvidos, alunos das fases iniciais do Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial do Campus de Florianópolis. Para registrar o diário de bordo das atividades de pesquisa, foi desenvolvido um *blog* com os referenciais teóricos e atividades desenvolvidas.

O protótipo de sistema de autenticação ainda está em desenvolvimento, mas teve como objetivo aplicar na prática os conhecimentos adquiridos com base nos estudos feitos.

Como trabalhos futuros, para encerramento do projeto, o sistema será integrado à Internet e o cadastro dos usuários será efetuado em um banco de dados para controle da autenticação e liberação de acesso. A placa de micro controlador AVR liberará o acesso através de uma fechadura magnética que será doada por uma empresa parceira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBACORE. Site Corporativo. Disponível em: <<http://www.albacore.com.br/>>. Acesso em 10 de Junho de 2013.

Cerami, E. **Web Services Essentials**. 1ª Edição. ed. Sebastopol: O'Reilly & Associates, v. I, 2002. 288 p. ISBN ISBN: 0-596-00224-6.

DIAS, R. A. ; Souza, t. E. ; Medonca, i. T. M. ; Gomes, g. C. C. . Uma Abordagem de Gerenciamento Integrado de Processos Industriais Empregando a Arquitetura Orientada a Serviços. **In: I2TS 2010 - 9th International Information and Telecommunication Technologies Symposium, 2010, Rio de Janeiro. 2010.**

FALUDI, Robert. *Building wireless sensor networks*. Ed. O'Reilly Media, 2010. Pages 10 – 47.

GUBBY, J.; MASURIC, S.; PALANISWAMI. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems Journal. Page 1645 – 1660. Ed. Elsevier. 2013.**

JIA X.; FENG, Q.; FAN, T.; LEI, Q. RFID Technology and Its Applications in Internet of Things (IOT). **In: Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 2012 2nd International Conference.** Pages 1282 – 1285. Ychiang. China. 2012.



Liu, Y.; Zhou, G.; Key Technologies and Applications of Internet of Things. In: **2012 Fifth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation**. Zhangjiajie, Hunan, China. 2012.

TATO. Site Corporativo. Disponível em: http://www.tato.ind.br/detalhe_produto.php?codigo_chave=118%20 >. Acesso em 10 de Junho de 2013.

ZigBee Alliance. Site Corporativo. Disponível em: <http://www.zigbee.org/>>. Acesso em 10 de Junho de 2013.

STUDYING ABOUT TRACKING PATRIMONY USING RFID TAGS AND ZIGBEE STANDARD

Abstract: *This article presents a brief literature review on the use of RFID in the context of the "Internet of Things", by demonstrating a prototype integrating RFID readers with wireless sensor network (Zigbee). The study of these technologies aims to support the development of a Mobility Tracking Patrimony System, allowing the identification of the movement of properties as well as the detection of possible thefts of integrated enterprise systems. However, this project is restricted to the study of systems of reading RFID tags and transmitting the read data to the Internet, via Zigbee standard. Partly as a result was developed a prototype system access authentication via RFID tags using Zigbee networks.*

Key-words: *RFID, Zigbee, X-BEE, networks.*