

Projeto e Desenvolvimento de Fechadura Eletrônica Controlada pela Internet

Guilherme Carniel, Beatriz T. Borsoi, Robison C. Brito, Fábio Favarim

Departamento Acadêmico de Informática

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Pato Branco - PR

guilhermecarniel@outlook.com, {beatriz, robison, favarim}@utfpr.edu.br

Abstract. *The access control to environments can be performed in several ways: the traditional mechanical locks to systems that use biometric recognitions. There are also electronic locks that allow doors opening through a web browser. Considering the importance of providing access control to environments and the availability of electronic devices that can be programmed to perform this control, a project was conducted with the objective of developing a system for controlling an electronic lock that allows users opening it through a browser, RFID and keypad. Through a browser is also performed maintenance of users and viewing access logs, stored on a micro SD card. The project was developed with an ATmega 2560 microcontroller integrated with the Arduino development kit.*

Resumo. *O controle de acesso a ambientes pode ser realizado de diversas formas: das tradicionais fechaduras com chaves mecânicas aos sistemas que utilizam reconhecimento biométrico. Há, ainda, as fechaduras eletrônicas que permitem a abertura de portas por meio de um browser. Considerando a importância de fornecer controle de acesso a ambientes e a disponibilidade de dispositivos eletrônicos que podem ser programados para realizar esse controle, foi realizado um projeto com o objetivo de desenvolver um sistema para controle de uma fechadura eletrônica com abertura por meio de um browser Internet, via RFID e teclado numérico. Por meio de um navegador é também realizada a manutenção dos usuários e a visualização de logs de acesso, armazenado em um cartão micro SD. O projeto foi desenvolvido com um microcontrolador ATmega 2560 integrado no kit de desenvolvimento Arduino.*

1. Introdução

Os microcontroladores têm desempenhado um importante papel na vida das pessoas, visto que estão integrados em diferentes tipos de equipamentos eletrônicos, eletrodomésticos, brinquedos, equipamentos médicos, linhas de montagem fabril, entre muitos outros. A integração dos microcontroladores tem crescido significativamente e novas aplicações do seu uso têm surgido. Grande parte desse crescimento decorre da aplicação dos microcontroladores em sistemas embarcados. A expressão sistema embarcado (do inglês *embedded system*) decorre de o microcontrolador estar inserido nas aplicações (dispositivos) que executam funções específicas para as quais eles foram desenvolvidos.

Com o desenvolvimento de novos dispositivos que integram microcontroladores e a popularização da Internet, surge o conceito da “Internet das coisas” (HRIBERNIK et al. 2011). Nesse contexto, a Internet deixa de ser uma infraestrutura de rede mundial para interconexão de computadores dispersos pelo mundo e passa a interligar todo tipo de sistema embarcado.

O uso intensivo da Internet e dos microcontroladores nas últimas décadas fez surgir o conceito de hardware livre, que é baseado nos mesmos princípios do software livre. O software livre se caracteriza por permitir que outras pessoas possam executar, estudar, alterar e distribuir. O hardware livre é caracterizado por ter o seu projeto distribuído de forma que possa ser reproduzido ou recriado. O projeto de hardware livre inclui trilhas em placas de circuito impresso, os componentes eletrônicos utilizados, um conjunto de bibliotecas e os arquivos com a codificação do microcontrolador.

Baseado no conceito de hardware livre, vários kits de desenvolvimento surgiram visando facilitar a criação de sistemas embarcados. Um dos kits mais utilizados para esse tipo de desenvolvimento é o Arduino (ARDUINO, 2014). O valor mais acessível e a relativa simplificação de implementação, se comparado a outros kits com funcionalidades semelhantes, foi um dos fatores que fez com que esse kit tivesse ampla aceitação (ARDUINO, 2014). Uma das premissas do projeto Arduino é a sua utilização por pessoas com pouco (ou mesmo nenhum) conhecimento de eletrônica para o desenvolvimento de aplicações simples

Este trabalho se insere no contexto de Internet das coisas por meio do desenvolvimento de uma fechadura eletrônica para portas de edificações residenciais ou empresariais. Essa fechadura pode ser manipulada (instrução de abertura) por meio da Internet. A interligação da fechadura à Internet permite o cadastramento dos usuários que podem acessar determinados ambientes de forma remota, ou ainda, consultar o log das tentativas de abertura realizadas pelos usuários e os horários dessas ocorrências. O desenvolvimento foi realizado utilizando o kit Arduino Mega. O diferencial da fechadura desenvolvida das existentes no mercado é o gerenciamento de usuários e logs de acesso desses usuários via um sistema web embarcado na fechadura.

Este texto está organizado da seguinte forma: a Seção 2 está o referencial teórico que abrange Internet das coisas e fechaduras eletrônicas; na Seção 3 são apresentados os materiais utilizados na implementação do projeto; o resultado, o protótipo da fechadura desenvolvida, é apresentado na Seção 4; por fim, a Seção 5 apresenta a conclusão do trabalho.

2. Internet das Coisas

O conceito de Internet das Coisas (*Internet of Things* (IoT)) está relacionado aos conceitos de ambientes inteligentes e de computação pervasiva porque torna a implementação dos mesmos possível.

O conceito de *Ambient Intelligence* (AmI) fornece a visão de uma sociedade informatizada, na qual as pessoas estão cercadas por dispositivos inteligentes que estão nos mais diversos objetos, sendo capazes de reconhecer e responder a diferentes indivíduos de forma transparente, discreta e muitas vezes invisível (KO, RAMOS, 2010; ISTAG, 2010). Os ambientes inteligentes devem ser pró-ativos, agindo de maneira autônoma e antecipando as necessidades do usuário. Esse tipo de ambiente, por meio de sensores e outras fontes de informação (web, mídias, contatos sociais), é capaz de tomar

decisões e atuar. A atuação pode ser realizada com uso de técnicas de Inteligência Artificial e o histórico de informações para apoio à tomada de decisão.

Referindo-se à computação perviva, Weiser (1993) diz que as tecnologias mais profundas são as que estão tão entrelaçadas no dia-a-dia das pessoas, mas passam despercebidas. Para tornar essa visão realidade é necessário que sejam criados ambientes impregnados de capacidade computacional e de comunicação e que estejam integrados ao usuário (DHINGRA; ARORA, 2008).

O futuro imediato de dispositivos como telefones celulares, sensores, dispositivos de medição e computadores é que eles possam interagir entre si por meio de uma rede como a Internet. (ATHREYA; TAGUE, 2013). A interação os permitirá alcançar objetivos comuns. Esse paradigma é chamado Internet das Coisas (IoT) e as coisas são os dispositivos que podem realizar processamento, emitir informação para outros dispositivos ou servidores, receber informação de dispositivos ou servidores e atuar a partir de informações recebidas (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). Já para Weber (2009) IoT descreve uma arquitetura de serviços de informação global e emergente baseada na Internet.

Wu et al (2010) expressam que não há uma definição amplamente aceita para IoT. Esse termo foi usado pela primeira vez por Kevin Ashton em 1998. Bari, Mani e Berkovich (2013) também são de opinião que não há uma definição específica para IoT. Para esses autores, a IoT proverá uma nova dimensão para as Tecnologias de Informação e Comunicação que é a conectividade para qualquer coisa e pode ser mais adequadamente referenciada como a Internet das coisas relacionadas. Coisas são metadados sobre coisas (objetos).

A IoT é uma revolução tecnológica que representa o futuro da computação e comunicação e o seu desenvolvimento depende de inovação de técnica em diversas áreas que envolvem de redes de sensores sem fio a nanotecnologia (ITU, 2005). Tecnicamente a arquitetura da IoT é baseada em ferramentas de comunicação, destacando-se tags *Radio Frequency Identification* (RFID) vinculadas e tecnologias como *Global Position System* (GPS), *Electronic Data Interchange* (EDI) e *Geographic Information System* (GIS), dentre outras. RFID utilizada ondas de rádio frequência para identificar itens que podem estar conectados (JOUNG, 2009). RFID também provê um meio de rastrear itens em tempo real, fornecendo localização e informações de estado (LEGNER; THIESSE, 2006), tornando-se um facilitador importante para IoT.

Para Wu et al. (2010) a infraestrutura de Tecnologia de Informação (TI) deve prover informações sobre os itens (“coisas”) que circulam por uma cadeia de suprimentos, por exemplo, de forma segura e confiável. Em um escopo mais amplo de aplicação, a IoT pode servir com um *backbone* para a computação pervasiva, permitindo que ambientes inteligentes reconheçam e identifiquem objetos e obtenham informações da Internet para facilitar suas funcionalidades adaptativas (WEBER, 2009).

A definição de “coisas” em IoT é muito ampla e inclui smartphones, tablets, telefones celulares e todos os objetos dos ambientes que são equipados com *tags* (RFID ou outras) que os conectam a um dispositivo de *gateway*. Dentro do conceito de Internet das coisas a conectividade deve ocorrer em qualquer lugar, para qualquer um, em qualquer hora e para qualquer coisa (ITU, 2005).

A conexão entre as coisas ocorre, principalmente, de forma sem fio. Contudo, para comunicar-se os dispositivos inteligentes devem ser capazes de processar

informação, auto-configurar-se, auto-manter-se, auto-reparar-se, tomar decisões independentes e eventualmente desempenhar um papel ativo (BARI; MANI; BERKOVICH, 2013).

Os objetos físicos estão cada vez mais sendo equipados com RFID ou *Quick Response Code* (QR-codes), os códigos de resposta rápida que podem ser percebidos pelos dispositivos. A International Telecommunications Union (ITU) descreve quatro dimensões dentro da IoT (COETZEE; EKSTEEN, 2011): identificação de objetos (tags RFID e QR-codes que permitem identificar os objetos); sensores e redes de sensores wireless (que permitem sentir os objetos); sistemas embarcados (que permitem que os objetos sejam responsivos e proativos); nanotecnologia (que atua na miniaturização dos objetos).

Uma arquitetura bastante simples para a IoT é proposta por Wu et al. (2010). Esses autores definem uma organização típica de três camadas: percepção, rede e aplicação. A organização dessa arquitetura é apresentada na Figura 1.

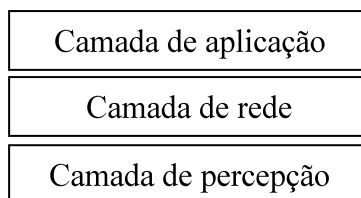


Figura 1 – Arquitetura três camadas da IoT

Fonte: Traduzido de Wu et al. (2010, p. 484).

Descrição da Figura 1:

a) Camada de percepção – responsável pela percepção (sensores), identificação dos objetos e obtenção de informações. Pode incluir códigos de barra 2-D e leitores, *tags* RFID e seus dispositivos de leitura e escrita, câmeras, GPS, terminais e redes de sensores.

b) Camada de rede – possui como função principal a transmissão e o processamento de informações. Essa camada inclui a convergência da rede de comunicação e a Internet é o centro de gerenciamento da rede, de informação, de inteligência e outros. Essa camada processa e transmite as informações obtidas da camada de percepção.

c) Camada de aplicação – nesta camada estão as aplicações computacionais que recebem os dados e processam ações de atuação. As ações de atuação são transmitidas pela rede e realizadas pela camada de percepção.

De acordo com Atzori, Iera e Morabito (2010), as definições de Internet das coisas são baseadas em três linhas de visão: a orientada as "coisas", a orientada a "internet" e a orientada a "semântica". A Internet das coisas é a convergência dessas três visões, como representado na Figura 2.

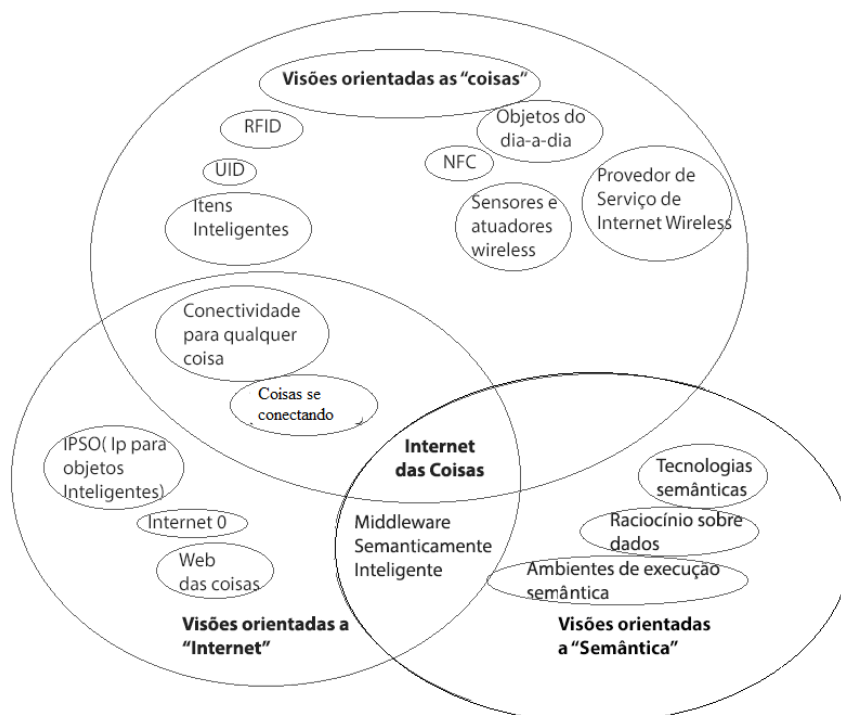


Figura 2 - Internet das coisas como a união de três visões
 Fonte: Traduzido de Atzori, Iera e Morabito (2010, p. 3).

A IoT pode ser utilizada para melhorar a vida das pessoas, pessoal e profissional, tem como finalidade a interação entre os objetos de maneira inteligente para que eles executem ações de maneira pró-ativa com o objetivo de auxiliar os usuários. As aplicações de IoT têm surgido em várias áreas, como, entretenimento, logística, transporte, ambientes (casas e edifícios), medicina, energia, defesa e agricultura.

2.1. Fechadura eletrônica

Uma fechadura eletrônica é um sistema microcontrolado que por meio de um teclado alfanumérico, RFID, *Near Field Communication* (NFC), Bluetooth, Internet e vários outros meios de entrada de informação pode gerenciar a abertura de uma porta. Após receber a senha do usuário, o microcontrolador faz uma verificação para validá-la e caso esteja correta envia um sinal para o sistema de trava eletrônica instalado na porta para que ela seja aberta.

Existem vários modelos de fechaduras eletrônicas disponíveis no mercado. Entre eles podem ser encontrados: Samsung SHS 1321, Samsung SHS 3320, Samsung SHS 5230 e Ihouse Touchdoor. No Quadro 1 está um comparativo de características desses modelos de fechadura e do projeto desenvolvido.

	Samsung SHS 1321	Samsung SHS 3320	Samsung SHS 5230	Ihouse Touchdoor	Fechadura desenvolvida
Senha	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
RFID	Sim	Sim	sim	Não	Sim
Alarme	Sim	Sim	Sim	Não	sim
Log	Não	Não	Não	Sim	Sim
Internet	Não	Não	Não	Sim	Sim
Biometria	Não	Não	Sim	Sim	Não

Quadro 1 – Comparativo de características entre fechaduras

Analisando o Quadro 1 verifica-se que o protótipo de fechadura eletrônica desenvolvido como resultado do trabalho aqui apresentado é uma junção das características de modelos de mercado, exceto a função de reconhecimento por biometria.

3. Materias

O Quadro 2 lista os materiais utilizados no desenvolvimento do protótipo da fechadura eletrônica.

Materiais	Aplicação (uso no projeto)
Arduino Mega 2560	Microcontrolador para a interpretação do código. Por meio do Arduino são recebidos os dados de login para a abertura da porta e é realizada a ação para abrir a porta. A placa microcontrolada é baseada no ATmega 2560, possui 54 pinos de entrada/saída (14 podem ser usados como saídas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTS (portas seriais de hardware), um oscilador de 16 MHz, uma porta USB padrão B, uma entrada de energia, um leitor de ICSP e um botão reset. Possui, ainda, 256 KB para armazenamento de código, sendo que 8 KB são utilizados pelo bootloader, 8 KB de memória RAM e 4 KB de memória EEPROM (ARDUINO MEGA, 2014).
Fechadura eletromecânica	Formada por um corpo em metal, uma tranca e um solenóide que ao receber 12 volts em sua bobina passa a ser carregada, proporcionando o movimento de abertura da tranca da porta.
RFID	RFID é a identificação por rádio frequência sem contato. Por meio de sinal de Rádio Frequência (RF) ocorre o reconhecimento e a recuperação de dados das tags. RFID é composto por uma antena, um leitor e as tags, trabalhando na frequência de 13.56MHz.
Teclado numérico	Para digitação das senhas para abertura da porta. Possui 16 botões e um conector de 8 pinos que é ligado ao Arduino. Para o seu funcionamento é utilizada a biblioteca keypad.
Placa Ethershield	Permite ao Arduino conectar-se à Internet. É baseada no chip Wiznet W5100 que suporta os padrões Transmission Control Protocol (TCP) e User Datagram Protocol (UDP), 4 conexões socket simultâneas. Utiliza a biblioteca Ethernet para comunicação com a Internet (ETHERNETSHIELD, 2014).
Cartão de memória	A placa Ethernetshield disponibiliza um leitor de cartão de memória ao qual foi adicionado um cartão micro SD de 128 MB para armazenar as senhas e as tentativas de logins. Para o seu funcionamento foi utilizada a biblioteca SD.
Protoboard	Placa de ensaio utilizada para conectar os cabos dos periféricos para que não seja necessário soldá-los. A protoboard utilizada no projeto possui 420 furos de encaixe.
Resistores	Utilizados para limitar a passagem da corrente elétrica que chega aos periféricos transformando-a em calor.
Relé	É um dispositivo eletromecânico que quando uma corrente passa pela sua bobina cria um campo magnético que atrai uma ou mais chaves e libera ou fecha um circuito.
Relógio de Tempo Real	É um circuito digital integrado em computadores ou circuitos que necessitem da hora precisa. Foi utilizado para registrar o horários dos logs de acesso.
Fonte de alimentação	Para alimentação do microcontrolador e dos periféricos ligados no mesmo. Utilizado no projeto fonte de 12 volts e 1A de corrente.

Quadro 2 – Ferramentas e tecnologias utilizadas

4. Projeto da Fechadura Desenvolvida

O gerenciamento do sistema é realizado pela Internet. Por meio de um navegador *web* o usuário, com permissões de administrador, inclui e remove usuários, consulta o arquivo de *logs* com hora, data e o usuário que fez o acesso. Por meio da Internet também é possível realizar a abertura da porta. O usuário também pode fazer a abertura da porta pelo teclado numérico instalado na fechadura ou pelo leitor de RFID.

Foram definidos os seguintes requisitos funcionais para o sistema: possibilitar o cadastro e a remoção de usuários por um navegador *web*; permitir ao administrador acessar o arquivo de logs da fechadura por um navegador *web*; permitir a abertura da fechadura pela Internet, pelo teclado numérico e pelo leitor RFID.

Como requisitos não funcionais foram definidos: é necessário fazer *login* para acessar o sistema; o sistema deve ser acessado por um navegador; o cadastro de usuários, verificação de *logs* e abertura via Internet somente podem ser realizados pelo administrador do sistema; os dados armazenados no cartão SD devem ser no formato texto.

A Figura 3 apresenta o diagrama de casos de uso do sistema.

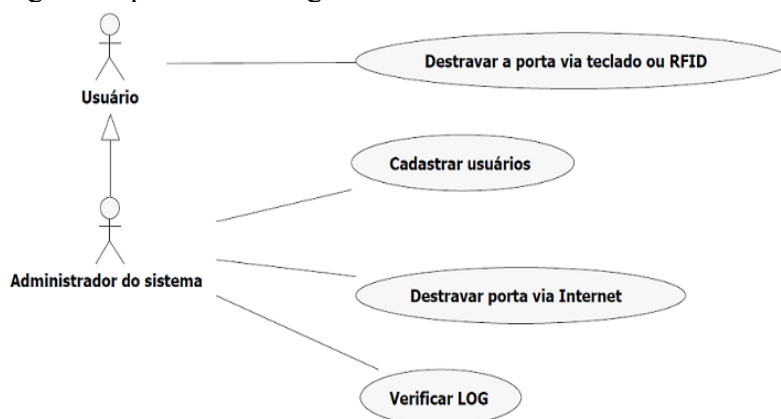


Figura 1 Diagrama de casos de uso

O diagrama de entidades e relacionamentos possui as tabelas que armazenam os dados de *log* do sistema e duas tabelas para usuários, sendo uma de administradores e outra de usuários com acesso somente à funcionalidade de abertura da porta. Esse diagrama é apresentado na Figura 4.

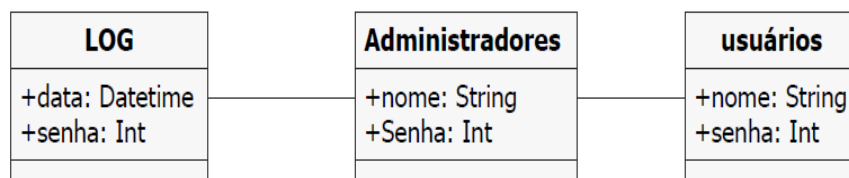


Figura 4. Tabelas do banco de dados

A tabela LOG manterá os dados referentes ao controle da entrada que serão gravados e posteriormente podem ser acessados por meio do sistema web pelos usuários com permissões de administrador. Nessa tabela estão incluídos os campos data e senha. No primeiro campo serão armazenados a hora, dia, mês e ano de acesso à fechadura. No campo senha será gravada a senha do usuário que fez o acesso à fechadura. Na tabela Administradores, o primeiro campo é o nome do administrador e o segundo é a senha que ele utilizará para fazer o acesso ao sistema pela Internet. Na tabela usuários são armazenados os dados dos usuários do sistema (o nome e a senha) que podem realizar a abertura da porta.

Na Figura 5 é apresentada a tela de *login* do sistema. Nessa tela o administrador informa o seu nome e a senha e se os dados conferirem com os armazenados no banco de dados, o acesso ao sistema web será liberado.



Figura 5. Tela de login do sistema

Após realizar *login* no sistema é apresentada a tela de menu na qual estão localizadas as opções disponíveis e são:

a) Incluir, excluir e listar usuários e administradores - que fazem a abertura da porta digitando a senha no teclado numérico da fechadura. Os dados necessários para o cadastro são o nome e uma senha numérica de até 4 dígitos.

b) Incluir, excluir e listar administradores – que podem realizar o acesso ao aplicativo *web* que controla a abertura da porta, a manutenção de usuários e o acesso ao arquivo de *logs*.

c) Abrir a porta – o administrador pode solicitar remotamente a abertura da fechadura da porta a partir do computador, celular e outros periféricos com Internet.

d) Logs - acesso ao *log* de tentativas de abertura da porta.

e) Sair – opção para sair do aplicativo.

A Figura 6 apresenta a tela para acesso à funcionalidade de abertura da porta remotamente.



Figura 6. Opção para abertura da porta

Na tela de *logs* do sistema (Figura 7), o administrador pode conferir hora, data e por meio de qual *login* a porta foi aberta ou nos quais houve tentativa de abertura.



Figura 7. Logs do sistema

A Figura 8 apresenta o protótipo desenvolvido. O protótipo foi desenvolvido para ser apresentado na Inventum 2013, I feira de Ciência, Tecnologia e Inovação de

Pato Branco-PR, que teve público de mais de 32 mil pessoas (PMPB, 2014). De modo a permitir aos visitantes visualizarem os componentes eletrônicos, incluindo o microcontrolador, estes foram dispostos em uma caixa de acrílico. Além disso, uma porta em tamanho reduzido foi confeccionada.



Figura 8. Protótipo desenvolvido

5. Conclusão

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um protótipo funcional de uma fechadura eletrônica que se enquadrasse no conceito da Internet das coisas, podendo conectar-se a Internet e por meio dela transmitir e receber dados. A ideia envolvida no desenvolvimento de um dispositivo que se encaixasse nesse requisito era criar um protótipo barato e que pudesse ser gerenciado por meio da Internet sem a necessidade de sistemas externos acoplados a fechadura. O custo de desenvolvimento da fechadura, considerando que os materiais foram quase todos adquiridos fora do país, foi de R\$ 255,00. Se fossem adquiridos no Brasil, custariam pouco mais de R\$ 400,00.

Um dos fatores que contribuiu com a execução deste projeto foi a grande quantidade de documentação encontrada sobre Arduino. E, ainda, os fóruns de discussão existentes na Internet e livros. Uma das maiores dificuldades foi o desenvolvimento do sistema web embarcado, apesar das funcionalidades desenvolvidas serem simples.

Como trabalhos futuros, pretende-se incluir uma câmera *Internet Protocol* (IP) que possa ser acessada para visualizar quem está na porta antes de abrir a mesma, criar um aplicativo para Android para realizar o acesso sem a necessidade de um navegador e criar um aplicativo que seja compatível com os *smartwatches* para que a porta possa ser aberta por meio do mesmo.

Referências

- Arduino. (2014), <http://www.arduino.cc/playground/Portugues/HomePage>.
- Arduino Mega 2560. (2014), <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>.
- Athreya, A. P. and Tague, P. (2013) “Network Self-Organization in the Internet of Things”, In: 2013 IEEE International Workshop of Internet-of-Things Networking and Control (IoT-NC), p. 25-33.
- Atzori L., Iera A. and Morabito G. (2010) “The Internet of Things: A survey”, *Computer Networks*, v. 54, n. 15, p. 2787–2805.
- Bari, N., Mani, G. and Berkovich, S. “Internet of Things as a Methodological Concept”, In: 2013 Fourth International Conference on Computing for Geospatial Research and Application, p.48-55.
- Coetzee L. and Eksteen, J., (2011) “The Internet of Things – Promise for the Future? An Introduction”, In: IST-Africa 2011 Conference Proceedings, p.1-9.
- Dhingra, V. and Arora, A. (2008) “Pervasive Computing: Paradigm for New Era Computing”. In: First International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, p.349-354.
- Ethernetshield. (2014), <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>, abril.
- Hribernik, K. A., Ghairi Z., Hans C. and Thoben, K. (2011), “Co-creating the Internet of Things - First Experiences in the Participatory Design of Intelligent Products with Arduino”, In: 17th Int. Conference on Concurrent Enterprising (ICE 2011), p. 1-9.
- ISTAG. (2014), “IST Advisory Group. Scenarios for Ambient Intelligence”, In: 2010 European Commission, <ftp://ftp.cordis.lu/pub/ist/docs/istagscenarios2010.pdf>.
- ITU Internet Reports. (2005), “The Internet of Things”, 2005, ITU Internet Report, <http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/>.
- Yuh-Jzer J, (2007), "RFID and the Internet of Things", Taiwan University, <http://joung.im.ntu.edu.tw/teaching/EMBADIS/2008EMBA/RFID.pdf>.
- Ko, H. and Ramos, C. (2010), “A Survey of context classification for intelligent systems research for Ambient Intelligence”. In: 2010 International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, p.746-747.
- Legner, C. and Thiesse, F. (2006), “RFID-based maintenance at Frankfurt airport”, In *IEEE Pervasive Computing*, v. 5, n 1, p. 34-39.
- PMPB (2014). Prefeitura Municipal de Pato Branco – Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação. <http://patobranco.pr.gov.br/secretarias/ciencia-tecnologia-e-inovacao/>
- Weber, R. H. (2009), “Internet of Things - Need for a New Legal Environment?”, *Computer Law & Security Review*, p. 522-527.
- Weiser, M. (1993), “Hot topics: Ubiquitous computing”, *IEEE Computer*, p. 71-72.
- Wu, M.; Lu, T., Ling, F., Sun L. and Du H. (2010); “Research on the architecture of Internet of things”, In: 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), p. V5-484-V5-487.