



DESENVOLVIMENTO DE KITS DIDÁTICOS PARA ENSINO DE REDE DE Sensores SEM FIO ZIGBEE BASEADO EM PLATAFORMAS DE SISTEMAS EMBARCADOS LIVRE ARDUINO E RASPBERRY PI

JORGE F. M. C. SILVA – jf.engtelecom@gmail.com

CAIO R. B. FREITAS – caio.raveli@gmail.com

STEPHANIE A. BRAGA – stephanie.abraga@gmail.com

THIAGO O. RODRIGUES – thiagoliveira08@gmail.com

ANTONIO H. S. LIRA – lira.hugo@gmail.com

FRANCISCO W. A. OLIVEIRA – f.wesley1@gmail.com

JOSÉ W. M. MENEZES - wally@ifce.edu.br

FABIO A. MENDONÇA – fabioalencar@ifce.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Departamento de Telemática.

Avenida 13 de maio, 2081, Benfica.

60040-531 – Fortaleza – Ceará

Resumo: *Esse trabalho busca desenvolver kits didáticos para o ensino de disciplinas que necessitam do conhecimento de rede de sensores sem fio por parte dos alunos e dos profissionais envolvidos no processo de ensino-aprendizagem desta área do conhecimento, sobretudo nos cursos de engenharia. Portanto, a partir da abordagem baseada em problemas foi elaborado dois módulos que podem ser usados para essa finalidade por meio de plataformas de sistemas embarcados abertas tanto software quanto hardware para flexibilização das práticas a serem desenvolvidas pelos professores, bem como no uso do protocolo de comunicação Zigbee, bem difundido no mercado. Por fim, destaca-se o custo do kit em relação a similares disponíveis no mercado.*

Palavras-chave: *Aprendizagem Baseada em Problemas, Formação Continuada, Kits Didáticos, Rede de Sensores sem Fio, Sistemas Embarcados.*

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda e serviços associados aos Sistemas Embarcados tem despertado interesse em diversos setores comerciais e de pesquisa. Estima-se que 98% dos dispositivos computacionais são usados no contexto da computação embarcada (BORIELLO & WANT, 2000). Um desses setores de pesquisa é o estudo de Rede de Sensores sem Fio (RSSF) para diversas aplicações em diversos cenários. Em geral, esses cenários têm duas entidades, os nós solvedores (“sinks”) e os nós fontes (“source”), podendo estes ainda fazerem o papel de roteador (“router”).

O modelo mais usado em RSSF é o ambiente inteligente fisicamente controlado por meio de sensores e atuadores. Isso ocorre quando diversos dispositivos juntam e processam informação de diferentes fontes para controle do meio físico no qual estão inseridos, por interação com esse meio ou por interação com os usuários. Valendo ressaltar que para isso ocorrer tais tecnologias devem ser não invasivas, discretas, e ser altamente confiáveis (WEISER, 1993). Nesse contexto, é necessário que as fontes de dados e o solvedor da rede obedeçam algumas interações como: detecção de eventos, medições periódicas, funções de aproximação e detecção de borda e rastreamento. Além disso, há uma série de desafios na construção dessas redes, entre eles destacamos: o tipo de serviço da rede, prover qualidade de serviço (QoS), tolerância a falhas, tempo de vida, escalabilidade, densidade de alcance, programação e manutenção (KARL&WILLIG, 2005).

Do ponto de vista da sala de aula, RSSF normalmente é abordada a partir da segunda metade dos cursos de engenharia e/ou áreas afins e, geralmente, no contexto de disciplinas como Rede sem Fio, Automação e Controle ou Instrumentação Eletrônica, portanto não é uma temática principal, porém tem sua importância tanto no mercado quanto na academia. Ressaltando que a abordagem prática desse tema é, às vezes, limitado a ferramentas de computacionais devido ao custo de kits didáticos disponíveis no mercado.

Do pensamento construtivista computacional de Seymour Papert, percebe-se que a abordagem baseada na tríade “pensar, aprender e resolver problemas geométricos” pode ser estendida aos demais campos do ensino de disciplinas que envolvem conhecimentos de computação. A criação de uma ferramenta capaz de desenvolver nos alunos a capacidade de prover soluções a partir das abstrações oriundas das problemáticas propostas pelos professores ao longo dos trabalhos que requerem o aprendizado de RSSF e suas aplicações (GUEDES, 1998).

Para viabilizar este trabalho, foi proposto aos alunos de um Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento e Inovação (P&D&I) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). O cenário proposto pela equipe foi desenvolver a telemetria do ambiente de trabalho dos bolsistas, que pudesse ser visualizado pela Internet e que emitisse alertas caso houvesse alguma anormalidade no ambiente de trabalho. Essa solução teve como cerne a Abordagem Baseada em Problemas (ABP) para busca da solução.

Em messe a isso, este trabalho visa mostrar o desenvolvimento de kits para RSSF baseado em plataforma de Sistemas Embarcados “Open Source”, Arduíno e Raspberry Pi, desenvolvidos por alunos dos níveis técnico, graduação e pós graduação em engenharia com foco nas topologias de rede para telemetria de ambientes com bom custo benefício entre aplicabilidade e investimento inicial.

2. METODOLOGIA

Esse trabalho tem como componentes metodológicos a Aprendizagem Baseada em Problemas, Sistemas Embarcados, Rede de Sensores sem Fio usando protocolo Zigbee e Desenvolvimento dos Kits Didáticos. Para aferição dos resultados, foi feito um treinamento envolvendo os alunos do Grupo de Pesquisa em Sistemas de Telecomunicações e Sistemas Embarcados usando estes kits.

2.1. Aprendizagem Baseada em Problemas

Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) tem se mostrado bem sucedida em sua utilização nos últimos anos. Tem como um de seus princípios a aprendizagem autônoma de Dewey, que a motivação intrínseca (epistêmica) atua como força interna que leva as pessoas do ponto de partida até conhecer o mundo melhor, ou ainda, a resposta pode vir de interações entre os envolvidos com eventos até que chegue a uma solução. Na Figura 1, pode ser observado alguns princípios da ABP (RIBEIRO, 2005).

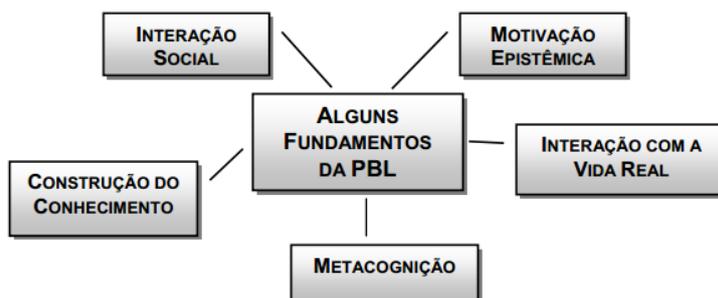


Figura 1 – Princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas (RIBEIRO, 2005).

Ribeiro destaca ainda que a ênfase na aprendizagem de conceitos por meio da colocação de problemas relevantes a futura atuação profissional dos alunos é considerada como núcleo da técnica. Ressaltando que esta abordagem deve ser feita por meio de professores, tutores, e alunos, se possível em pequenos grupos, para veiculação de problemas para aprendizagem de novos conhecimentos e desenvolvimento de novas habilidades de forma autônoma (RIBEIRO, 2005).

2.2. Sistemas Embarcados

Sistemas Embarcados são definidos de acordo com algumas características particulares como: são autônomos e dedicados, são reativos, possuem softwares dedicado a certa tarefa (firmware), hardware adaptado a aplicação, base de dados e um conjunto de procedimento. Do ponto de vista macro, tem pequeno porte, são de tempo real, seguro e confiáveis e permeiam ambientes hostis. Já do ponto de vista micro, não possuem sistemas de arquivo, memória virtual e dispositivos de armazenamento de massa, contudo alguma dessas características micro estão mudando devido ao aumento do poder de processamento e da robustez das arquiteturas desenvolvidas nos últimos anos.

Os Sistemas Embarcados enfrentam desafios nos seguintes aspectos: portabilidade, limites de potência, desempenho, disponibilidade de memória, segurança e confiabilidade, adaptação a

redes maiores e tempo de desenvolvimento (“time to market”). Esses, e outros, fatores contribuem para grande parte das pesquisas desenvolvidas nessa área.

No contexto dos Sistemas Embarcados, é importante fazer a distinção entre microprocessador e microcontroladores. O primeiro diz respeito simplesmente a uma unidade central de processamento, CPU, com barramentos para comunicação entre os elementos básicos da computação clássica, memória e dispositivos de entrada e saída. Por outro lado, os microcontroladores, em geral, possuem os periféricos necessários num único chip, contudo isso deixa eles com um poder de processamento menos que microprocessadores, daí, a vantagem de seu uso em computação de pequeno porte, menor tempo de resposta e execução e custo reduzido. (OLIVEIRA & ANDRADE, 2006).

2.2.1. Arduíno

O Arduíno, Figura 2, é uma plataforma de desenvolvimento que tem um hardware fácil de usar e possui um ambiente de criação de software livre, *Open Source*, que permite ao usuário criar programas que podem interagir com o ambiente físico (MARGOLIS, 2011).

Por ser de fácil entendimento, é muito útil para estudantes com pouco conhecimento em eletrônica e em linguagens de programação que se encontram em fase de aprendizado na área tecnológica. Além disso, é usado, também, no mercado em diversas áreas e em vários contextos, como sistemas de automação e controle, telemetria ou em sistemas eletrônicos automobilísticos (MARGOLIS, 2011).

Ele possui um microcontrolador, ATMega328, representado na Figura 2 por IC1. Ele dá suporte aos recursos físicos e computacionais contidos na plataforma de desenvolvimento. Os recursos físicos são portas de comunicação USB e ICSP, suporte de alimentação de fonte externa até 12V em corrente contínua, Shields (placas que podem ser conectadas ao Arduíno para estender suas capacidades), portas digitais e analógicas, e LEDs associados ao pino 13 e aos pinos de comunicação serial (SILVA et al., 2012).

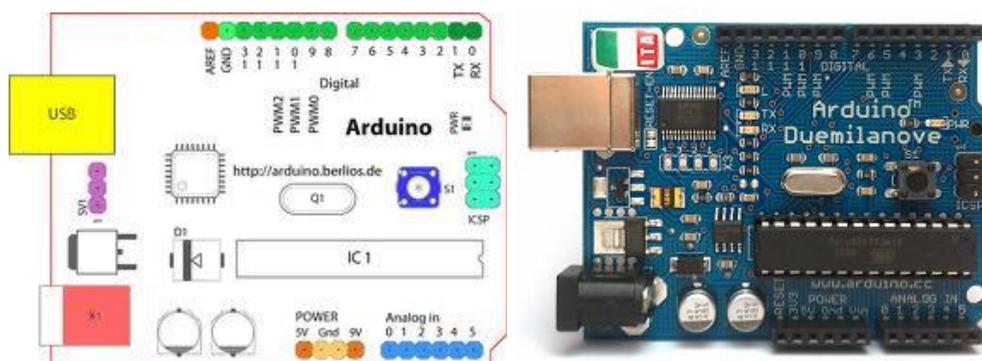


Figura 2 – Plataforma de Desenvolvimento Arduíno (ARDUÍNO, 2014).

Quanto ao software do Arduíno, sua programação é feita em Linguagens C/C++ no seu ambiente de desenvolvimento, um IDE (*Integrate Development Environment*), Figura 3. Ela facilita o trabalho do programador com experiência por ser um ambiente baseado nos projetos *Open Source Processing* e *Wiring*. Além disso, possui um editor de código com recursos de realce de sintaxe, parênteses correspondentes e endentação automática e é capaz de compilar e carregar programas para a placa. No ambiente de programação, tem-se que

definir apenas duas funções para fazer um programa funcional, a função setup (void) e loop (void) (NOBLE, 2009).

Por fim, a IDE possui um ícone destinado ao Monitor da Serial (Serial Monitor), representado na Figura 3 pelo nome “exibir serial”, o qual apresenta o ambiente do programa compilado em uma outra janela, Figura 3, com seus devidos valores a serem mostrados segundo o código.



Figura 3 – IDE Arduino (NOBLE, 2009).

2.2.2. Raspberry Pi

A plataforma ARM usada neste trabalho será o Raspberry Pi, Figura 4. Ela é uma plataforma de Sistemas Embarcados de baixo custo, pequeno tamanho, onde pode-se plugar monitores, teclados, mouses, entre outros periféricos padrões em um computador pessoal. É possível com essa plataforma realizar pequenas atividades como acesso à Internet, explorar alguns aspectos da computação, ensino de programação em plataformas como o Scratch e Python e tarefas simples como edição de textos e tabelas. Além disso, a plataforma suporta trabalho de computação física como processamento de áudio e vídeo, reprodução destes tipos de conteúdo e operações com câmeras, inclusive se estas tiverem conexão TCP/IP (MONK, 2014).



Figura 4 – Plataforma Raspberry Pi (MONK, 2014).

Neste trabalho, essa plataforma é usada para ser interface com o usuário por meio de um servidor WEB, que contém uma página configurada para mostrar os dados da aplicação e emitir alerta caso o ambiente sofra alguma avaria via e-mail. Por outro lado, os nós sensores enviam os dados para esta plataforma, possui um rádio comunicador igual aos demais usados pelos kits.

2.2.3. Transceptor Zigbee Xbee S2B

O rádio transceptor Xbee Pro S2B, Figura 6, implementa o protocolo de comunicação sem fio Zigbee. O protocolo de comunicação Zigbee é baseado no padrão IEEE 802.15.4 para áreas de redes pessoais (PAN), operando na frequência ISM (*Industrial Scientific and Medical*), sendo na Europa de 868 MHz (1 canal), 915MHz (10 canais) nos Estados Unidos e 2,4 GHz (16 canais) em outras partes do mundo e não requer licença para funcionamento. Possui, também, uma excelente imunidade contra interferências e tem a capacidade de hospedar milhares de dispositivos numa rede (aproximadamente 65000 por canal) com taxas de transferências de dados variando de 20kbps a 250kbps. Foi criado para ter o máximo de eficiência energética, isso ocorre porque os módulos Zigbee quando não estão transmitindo ou recebendo dados entram em um estado de latência, consumindo o mínimo de energia. Além disso, no rádio transceptor escolhido há compatibilidade com o Arduino como: interface gráfica (XCTU) e conexão física (*Shield* visualizado na Figura 5).



Figura 5 – Shield Xbee para Arduino (LIBELIUM, 2014).

No tocante ao tratamento dos dados, tanto recebidos quanto enviados, é feito pelo microcontrolador, Atmega328, em cada kit e, em caso de falha de envio ou recepção, o protocolo Zigbee possui um dispositivo para o reconhecimento dessa falha; esse dispositivo funciona da seguinte forma: quando um pacote de dados é enviado de um rádio transceptor para outro ele envia também um sinal, avisando que o pacote foi totalmente recebido sem falhas de envio (pacote ACK), logo caso a informação não seja entregue por completo, isto é, ocorreu uma falha ou efeito negativo durante a transmissão de algum pacote de dados, o Zigbee que estava recebendo essa informação, envia um sinal informando que o pacote de dados não foi entregue com sucesso (pacote NACK). Daí, o pacote de dados será reenviado, caracterizando um mecanismo de tolerância a falhas em tempo de execução.



Figura 6 – Rádio Transceptor Zigbee Xbee Pro Série 2 (DIGI, 2014).

2.3. Rede de Sensores sem Fio usando protocolo Zigbee

2.3.1. Padrão IEEE 802.15.4

Em 2003, o IEEE finalizou o padrão 802.15.4, que é constituído pela camada física (PHY) e camada de acesso ao meio (MAC) de baixa taxa de transmissão de dados sem fio para áreas de rede pessoal (WPAN) (IEEE, 2003). O foco das aplicações desse padrão é RSSF, automação residencial, conectar dispositivos a computadores pessoais, segurança domiciliar, etc. A maioria dessas aplicações requer baixo consumo, baixas taxas de transmissão, tolerância com *delay* fim a fim e *jitter*.

O padrão define, ainda, dois tipos de nós os *Full Function Devices* (FFD) e os *Reduce Function Device* (RFD). O FFD pode funcionar como coordenador da rede, um simples coordenador de um cluster ou um dispositivo da rede. Já o RFD funciona somente como dispositivo. Ambos possuem um endereço de 64 bits na rede e o coordenador possui um endereço de dezesseis bits como identificador da rede (PAN ID), onde um coordenador é designado coordenador da rede.

Por fim, o coordenador é responsável pelo sincronismo na rede, nesse caso por meio do frame *beacon*. Esse frame é enviado sempre no início do período ativo na estrutura do superframe, conforme a Figura 7, onde ele é usado junto a janela de contenção (*CAP*) para prevenir as colisões e junto ao *Guaranteed Time Slot* (GTS), usado quando não há CSMA/CA.

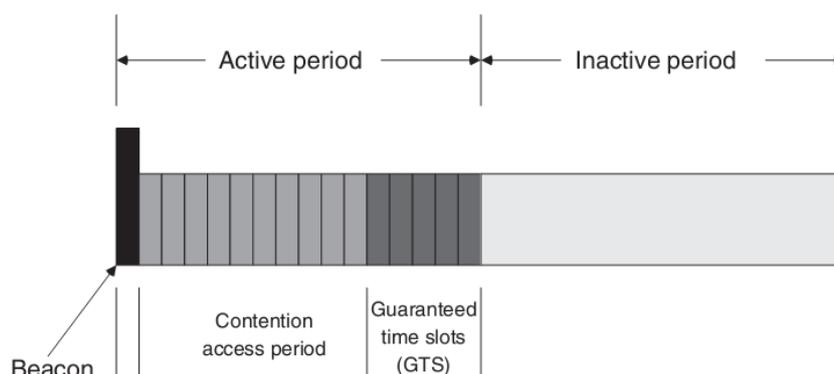


Figura 7 – Estruturas do Superframe 802.15.4 (KARL & WILLIG, 2005).

2.3.2. Protocolo Zigbee

O Zigbee faz uso dos serviços do padrão IEEE 802.15.4 e adiciona novos componentes a sua rede, como: novas topologias, segurança e serviços de aplicação (ZIGBEE, 2011). O padrão surgiu de um consórcio de empresas interessadas em criar um padrão de comunicação sem fio de baixo consumo de energia e com taxas de transmissão consideráveis, focando na simplicidade e robustez.

Assim como o Modelo OSI, o protocolo de comunicação Zigbee é dividido em camadas. Cada camada do protocolo segue a especificação definida pelo consórcio Zigbee Alliance. Salientando que as camadas MAC e PHY, seguem o modelo 802.15.4. Diante disso, o protocolo tem como funcionalidades o baixo consumo de energia, baixo custo computacional, escalabilidade na rede, diferentes topologias, segurança e confiabilidade. Isso o tornou altamente atrativo ao mercado, sobretudo o de automação tanto residencial quanto comercial.

2.3.3. Funcionamento da Rede

Numa rede Zigbee, os nós podem ser de três tipos: coordenador, roteador e dispositivo final (*end device*). O coordenador é o nó mais importante da rede, onde cada rede Zigbee tem o seu único coordenador. Ele é a entidade responsável pela configuração, endereçamento e gerenciamento da rede. Já o roteador é a entidade da rede responsável pelo tráfego entre os nós, podendo ser adaptativos ou estarem presentes em várias quantidades ao longo de uma rede Zigbee. E os dispositivos finais são os nós sensores propriamente ditos, que só repassam os dados para os roteadores e o coordenador da rede (FALUDI, 2010).

Essas configurações de nós podem ser agrupadas em quatro topologias de rede, ponto-a-ponto, estrela, árvore e malha. Uma rede ponto-a-ponto é constituída de dois nós que se comunicam entre si. A topologia estrela é um arranjo que o coordenador é o nó centralizador da rede. Já a rede malha, ou *mesh*, é uma estrutura fechada que faz uso do roteamento para garantir a transmissão dos dados. Finalmente, a rede em árvore possui um *backbone* entre o coordenador, os roteadores e os dispositivos finais (FALUDI, 2010).

2.4. Kits Desenvolvidos

O problema posposto para criação desses kits foram: a escassez de recursos para aulas de RSSF e custo alto das ferramentas disponíveis no mercado. Após os conceitos consolidados, testes de validação dos módulos estabelecidos e um treinamento ministrado, foi possível montar quatro kits modularizados conforme os sensores utilizados. Também foi desenvolvido um módulo de sensoriamento com todos os sensores concentrados em um único nó, porém sem o protocolo Zigbee envolvido na comunicação.

Os testes iniciaram com a divisão de duas frentes de trabalho: um grupo responsável Plataformas Arduino e Raspberry Pi junto aos módulos de rádio Xbee e um grupo focado no desenvolvimento de um módulo com todos os sensores agrupados e que se comunicam apenas via WEB/GPRS. Tais nós, também, possui sua flexibilidade com relação a programação, pois são baseados em plataforma de hardware e software livre, bem como a facilidade na combinação de outros tipos de sensores associados a cada nó da rede.

2.4.1. Kit WEB/GPRS

Esse módulo foi desenvolvido para exemplificar algumas características de um RSSF a partir de um modelo totalmente antagônico proposto por essa solução. Então, a partir disso, uma placa contendo quatro sensores (temperatura, gás e fumaça, movimento e posição), dois módulos de comunicação com o meio externo (Wiznet 5100 para comunicação Ethernet e SM5100B para comunicação GSM/GPRS), fixo e não escalável a um local para realização de telemetria. Esse modelo, assim como os demais, possui flexibilidade para programação e acoplamento para novos sensores. A Figura 9 mostra o protótipo desenvolvido.

Os testes envolvendo esse protótipo foram focados em confiabilidade dos dados sensorizados, consumo energético e interação com o usuário. Os dados dos sensores são apresentados em uma página WEB, facilitando a visualização e a interação do usuário com o sistema, além do envio de um SMS para um telefone previamente cadastrado. Já o teste de consumo foi feito com base na medida fornecida pelos fabricantes de cada componente e em medidas feitas durante o funcionamento do kit.



Figura 9 – Kit WEB/GPRS e uma das interfaces com usuário.

2.4.2. Kits Zigbee

Os Kits Zigbee são baseados numa solução em RSSF que faz uso de duas plataformas livre, o Arduíno como roteadores e dispositivos finais e o Raspberry Pi como coordenador. Os nós sensores ficarão associados aos microcontroladores com menor poder de processamento e menor consumo energético e em alguns casos poderão se comportar como nós roteadores. Já o coordenador de rede ficará associado a uma plataforma com maior poder de processamento e maior capacidade de comunicação com o meio externo, além de possuir um maior consumo de energia.

Os testes feitos com relação a esses protótipos foram realizados nos mesmo conforme do modelo anterior. Os sensores usados são os mesmos, porém os mecanismos de comunicação com o meio externo são diferentes. Nesse kit não tem o envio de SMS, apenas a interação via WEB e a notificação via e-mail. Ressaltando que o código é aberto para o desenvolvedor dos códigos, assim como no modelo anterior.

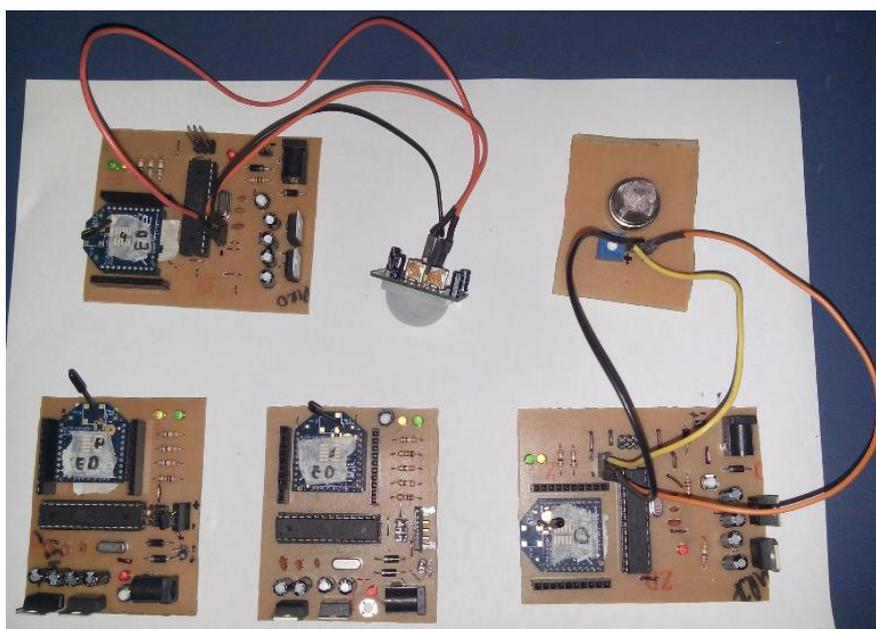


Figura 10 – Kits para RSSF desenvolvidos.



Na Figura 11, pode-se visualizar a página web usada como interface entre o usuário e o sistema para aferição dos dados sensorizados e enviados ao coordenador da rede. Lembrando que esses dados ficam armazenados em um servidor WEB instalado na Plataforma Raspberry Pi.

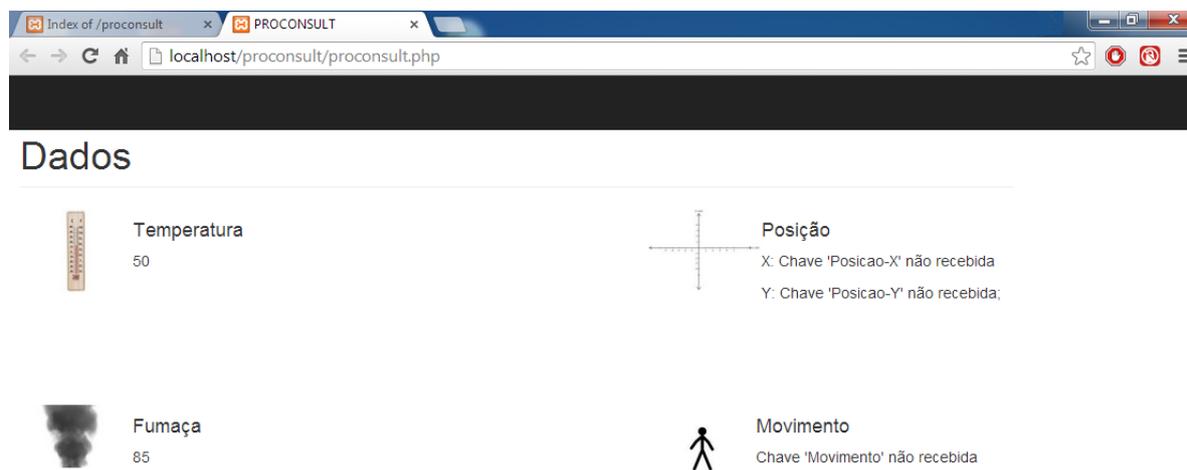


Figura 11 – Interface Web com o usuário presente para os dois modelos de kits.

2.4.3. Treinamento com o Kits.

Para testar os kits desenvolvidos os alunos do GDESTE ministraram um treinamento entre os membros da sua equipe de hardware, conforme a Figura 13. O foco do treinamento foi na programação em Sistemas Embarcados focado no Arduino e Raspberry Pi e Comunicação sem Fio com protocolo Zigbee e uso dos kits para validação dos modelos.

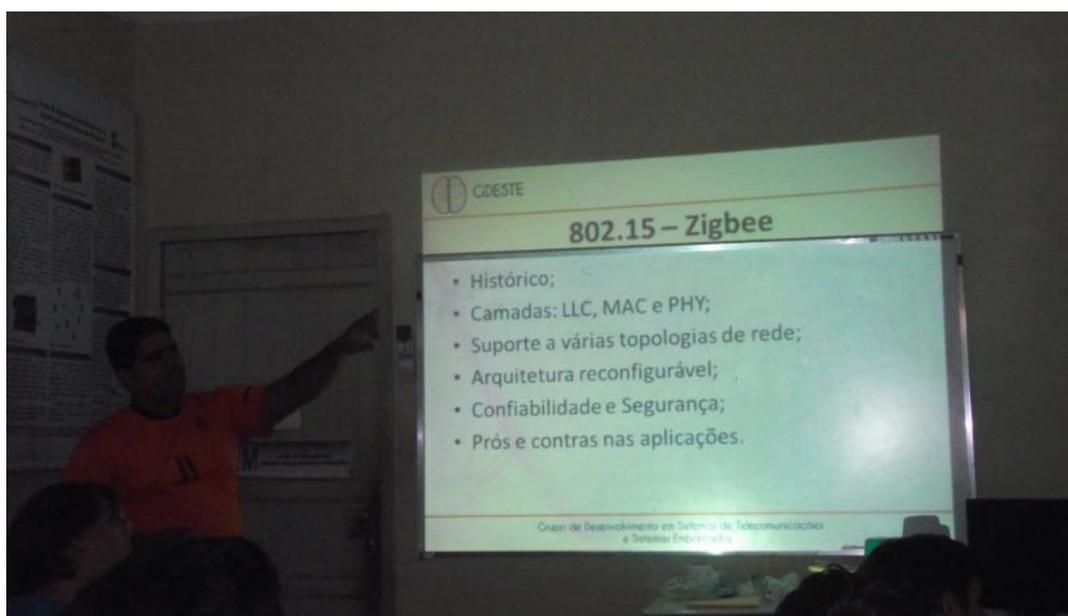


Figura 12 – Treinamento ministrado.



3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final deste trabalho constatamos a melhora conceitual e prática dos alunos envolvidos na montagem dos kits, salientando o grande número de atividades desempenhadas que resultaram em muitos novos conhecimentos adicionados ao curriculum de cada um destes. Aos professores envolvidos, foi proporcionado uma atividade de gestão do projeto e testes de validação nos kits construídos pelos alunos, bem como sua avaliação na etapa de treinamento.

Outro ponto de destaque foi o desenvolvimento de um material didático, um kit e sua documentação, que pode facilmente ser aplicado pela instituição. Essa possibilidade abre espaço para redução do custo, pois a aquisição desses kits de terceiros tem, em geral, alto valor em relação à aquisição dos componentes de maneira individual e possibilita que os alunos desenvolvam suas habilidades desde a confecção do hardware num software de prototipação, passando pela manufatura dos módulos até sua programação para aplicações diversas. Além da possibilidade da instituição usar esses kits em processos de automação em seus setores administrativos como forma de alcançar metas, sobretudo no quesito sustentabilidade.

Por último, enfatizar o papel das atividades extra curriculares, principalmente relacionadas a pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I), como componentes importantes na formação do profissional de Engenharia, posto que este material foi possível devido ao grande número de pesquisas relacionadas a Sistemas Embarcados e Rede de Sensores sem Fio realizadas pelos alunos e professores.

Agradecimentos

A equipe desenvolvedora do trabalho gostaria de agradecer a Fundação Cearense de Apoio a Pesquisa (FUNCAP), pelo aporte financeiro do projeto, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará pela disponibilização da infraestrutura e ao Grupo de Desenvolvimento em Sistemas de Telecomunicações e Sistemas Embarcados (GDEST) realização do trabalho, incluindo a fabricação e o treinamento usando os kits.

4. REFERÊNCIAS / CITAÇÕES

Livros:

FALUDI, Robert. *Building Wireless Sensor Network*. O'Reilly, USA: 2011.

KARL, Holger; WILLIG, Andreas. *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks*. John Wiley & Sons, San Francisco: 2005.

MARGOLIS, Michael. *Arduino Cookbook*. O'Reilly, USA: 2011.

MONK, SIMON. *Raspberry Pi Cookbook Software and Hardware Problems and Solutions*. O'Reilly: Cambridge, 2013.

NOBLE, Joeshua. *Programming Interactivity*. O'Reilly, USA: 2009.

OLIVEIRA, A. S; Andrade, F. S. *Sistemas Embarcados Hardware e Firmware na Prática*. 1. ed. São Paulo: Erika, 2006. 315p, il.

Periódicos:

BORIELLO, G. and WANT, R. *Embedded Computation Meets the World Wide Web*. *Communications of the ACM*, 43(5): 59 – 66, 2000.



WEISER, M. *Hot topic: Ubiquitous Computing. IEEE Computer*, pages 71 – 72, October 1993.

IEEE. *LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society. IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANS)*, October 2003.

Monografias, dissertações e teses:

GUEDES, R. B. M. UFPE - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Centro de Ciências Exatas e da Natureza. **INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL: Métodos Procedimentais para Pensar, Aprender e Resolver Problemas**, 1998. 202p, il. Dissertação (Mestrado).

RIBEIRO, L.R.C. UFSCAR – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **A aprendizagem baseada em problemas (PBL) – Uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores**, 2005. 205p, il. Tese (Doutorado).

SILVA, J.F.M.C. IFCE – INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ. **Uso do protocolo Zigbee para aplicações em Rede de Sensores sem Fio: Estudo de caso do nó para Rede de Sensores baseado em Arduino e ZigBee**, 2013, 53p, il. Monografia (Graduação).

Internet:

Arduino. **Arduino Software**. Disponível em:

<<http://arduino.cc/hu/Main/Software>> Acesso em: 24 abr. 2014.

ZIGBEE. **Zigbee Specifications**. Disponível em:

<<http://www.Zigbee.org/Specifications.aspx>> Acessado em: 02 de jun. 2011.

DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL KITS FOR TEACHING OF WIRELESS SENSOR NETWORK ZIGBEE BASED ON OPEN SOURCE PLATFORMS FOR EMBEDDED SYSTEMS ARDUINO AND RASPBERRY PI

Abstract: *This paper aims to develop educational kits for the teaching of disciplines that require knowledge of wireless sensors networks by students and professionals involved in the process of teaching and learning in this area of knowledge, especially in engineering courses. Thus, from the problem-based learning two modules that can be used for this purpose through of open source platform for embedded systems both software and hardware for flexibility of practice to be developed by teachers as well in the use of communication protocol Zigbee and widespread in the market. Finally, there is the cost of the kit compared to similar available on the market.*

Key-words: *Problem-Based Learning, Continuing Education, Educational Kits, Wireless Sensor Networks, Embedded Systems.*