

LABORATÓRIO CASA SUSTENTÁVEL: MONITORAMENTO DE PARÂMETROS DE CONFORTO USANDO REDE DE SENSORES SEM FIO ZIGBEE

CAIO SILVA GONÇALVES^{1*}; JOYCE KELLY DE SOUZA OLIVEIRA²; MIGUEL MENDES³;
SAMUEL CRAVO⁴

¹Graduando em Engenharia Elétrica - Sistemas Eletrônicos, UFJF, Juiz de Fora-MG,
caio.goncalves@engenharia.ufjf.br;

²Graduanda em Engenharia Elétrica - Sistemas de Potência, UFJF, Juiz de Fora-MG,
joyce.kelly@engenharia.ufjf.br;

³Graduando em Engenharia Elétrica - Sistemas de Potência, UFJF, Juiz de Fora-MG,
miguel.mendes@engenharia.ufjf.br;

⁴Graduando em Engenharia Elétrica - Energia, UFJF, Juiz de Fora-MG,
samuel.cravo@engenharia.ufjf.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: O presente trabalho é resultado da parceria entre o Programa de Educação Tutorial da Engenharia Elétrica (PET Elétrica) e o Laboratório de Estudos em Conforto Ambiental e Sustentabilidade (ECOS), todos da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), e o foco é o monitoramento de parâmetros de conforto ambiental no Laboratório Casa Sustentável (LCS). Por meio do uso de sensores e micro controladores que se comunicam sem fio, se desenvolveu uma rede capaz de monitorar cada cômodo existente na casa em tempo real, possibilitando que os usuários que a frequentam consigam, de forma interativa, perceber como pequenas mudanças arquitetônicas influenciam na percepção de conforto e bem estar.

PALAVRAS-CHAVE: Casa sustentável, tecnologia, internet das coisas.

LABORATORY SUSTAINABLE HOUSE: MONITORING OF COMFORT PARAMETERS USING ZIGBEE WIRELESS SENSORS NETWORK

ABSTRACT: The present work is a result of the partnership between the Programa de Educação Tutorial da Engenharia Elétrica (PET Elétrica) and the Laboratório de Estudos em Conforto Ambiental e Sustentabilidade (ECOS), from the Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), and the focus is the monitoring of parameters of environmental comfort in the Laboratório Casa Sustentável (LCS). Through the use of sensors and microcontrollers that communicate wirelessly, a network has been developed that can monitor each room in the house in real time, allowing users to interact and perceive how small architectural changes influence the perception of comfort and well-being.

KEYWORDS: Sustainable house, technology, internet of things.

INTRODUÇÃO

A preocupação com as questões ambientais e a sustentabilidade são qualidades inerentes ao engenheiro do século XXI e, com isso, novas ideias e tecnologias são fundamentais para se mudar a relação do homem com a natureza e evitar consequências futuras que prejudiquem o meio ambiente. De acordo com a Comissão Brundtland (1987) (ONU,2018), as necessidades atuais devem ser desenvolvidas de tal forma que as futuras gerações possam também atender às suas necessidades, sendo essa a definição de desenvolvimento sustentável. Dessa forma, as primeiras construções sustentáveis surgiram por volta da década de 70 e desde então, têm se tornado grandes aliadas na luta contra os impactos ambientais.

O Laboratório Casa Sustentável, inserido no Jardim Botânico da cidade de Juiz de Fora é um espaço de visitação aberta, com o intuito de apresentar aos visitantes, de forma interativa, como

diferentes materiais de alvenaria e técnicas construtivas podem influenciar em parâmetros como temperatura e iluminação dos ambientes. As vantagens e desvantagens das energias alternativas também são apresentadas, facilitando aos usuários o acesso à informação e gerando maior interesse pelo assunto.

O monitoramento dos sensores presentes em toda casa e o projeto da planta solar foram desenvolvidos por alunos do PET Elétrica que, buscando a aplicação de conceitos teóricos vistos na graduação, foi criado um projeto que viabiliza a difusão do conhecimento acerca do assunto de sustentabilidade. Para isso, foi aplicado a metodologia ativa de aprendizagem baseada em projetos, PjBL (project-based learning), e a equipe se organizou de tal forma que as tarefas eram propostas semanalmente de forma modularizada pelo aluno coordenador, facilitando a compreensão do funcionamento de cada circuito pela equipe. Ao final, a união de cada um dos módulos permitiu a obtenção de um sistema complexo, mas conciso, atendendo as expectativas do planejamento.

Para maior desempenho e controle do LCS, foi necessário um sistema de medição de variáveis de conforto para melhor análise dos dados. O uso de sensores, tais como o de temperatura, luminosidade, umidade foi fundamental, uma vez que com as informações coletadas o projeto fica mais consistente e qualitativo. A aquisição de dados foi feita através da rede de monitoramento *ZigBee*, o que facilita muito por se tratar de uma Rede de Sensores Sem Fio (RSSF), não poluindo visualmente o LCS. O artigo se estrutura justamente neste aspecto, a implantação do RSSF e o monitoramento dos dados, sendo um projeto inovador e uma fonte de estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

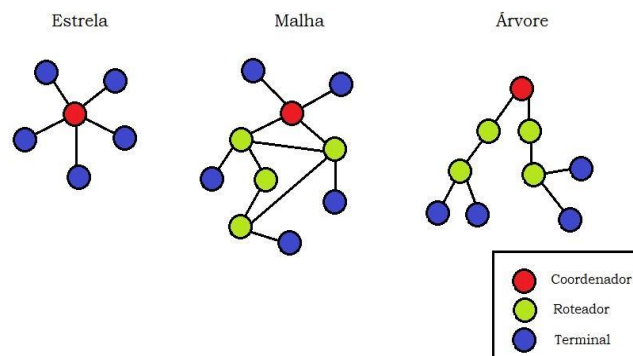
Para que haja comunicação, seja entre pessoas, sistemas ou computadores, é necessário existir pelo menos um canal emissor e um receptor. O Protocolo de Comunicação controla e padroniza o fluxo de dados entre os dois canais, e tem papel importante na detecção de falhas na troca de informações, a fim de torná-los mais eficientes e sem erros.

O Protocolo ZigBee é uma entre as tecnologia de comunicação sem fio que possibilita altas taxas de diferentes dados, como voz, vídeo e sensoriamento (Nenoki, 2013). Desenvolvida pela ZigBee Alliance junto ao IEEE, o padrão ZigBee tem baixo custo de implementação e manutenção, assim como requer baixa potência de operação, se tornando ideal para aplicações embarcadas que necessitam de baixa taxa de dados e baixo consumo de energia (ZIGBEE ALLIANCE, 2018).

Existem três tipos diferentes de dispositivos ZigBee, o Coordenador (ZC), que é o responsável por iniciar, controlar e manter toda a rede, enviando mensagens e armazenando dados; ZigBee Roteador (ZR), que redireciona e encaminha as informações aos outros dispositivos da rede; ZigBee Dispositivo Final (ZED), que tem a função de enviar informações para o Coordenador ou Roteador.

Com os diferentes tipos de dispositivos ZigBee, existem três topologias que podem ser usadas na construção da rede de dados. A Rede Estrela consiste de um único dispositivo controlador, e todos os dispositivos comportam-se como terminais. A Rede Malha permite que as mensagens de ZED sejam retransmitidas através de ZR até chegarem ao ZC, sendo possível aumentar a área de alcance da rede. Por fim, a Rede Árvore possui uma estrutura hierárquica, onde os ZED estão sempre no nível mais baixo de cada ramo. A Figura 1 exemplifica os tipos de rede citamos acima.

Figura 1. Diferentes topologias de uma rede Zigbee.



Para o monitoramento de maneira adequada da Casa, a arquitetura instalada é do tipo Rede Estrela, e também utiliza, em cada cômodo, o que chamamos de nó End Device, e ele é composto por um ZED, uma placa Arduino Uno R3, um shield XBee Pro, uma bateria de 7,4V 1000mAh, um sensor de temperatura e umidade DHT22 e um sensor de luminosidade TSL2561. A Figura 2 mostra todos os componentes que compõem o nó End Device, bem como ele montado em forma de pilha, característica da plataforma Arduino que visa facilitar a prototipação. A comunicação do nó com o Coordenador é via rede sem fio, a partir do protocolo ZigBee.

Os sensores de temperatura, umidade e luminosidade são usados para monitoramento de cada cômodo da casa individualmente, sendo possível medir a quantidade de conforto térmico e visual que os visitantes estão sentindo. Já a comunicação sem fio via ZigBee é muito importante, pois além de não utilizar fios nos cômodos, com o auxílio extra de uma bateria os sensores são posicionados da melhor maneira possível, possibilitando dados mais reais.

Em cada cômodo, a placa Arduino é responsável pelas medidas de todos os três sensores presentes. Após as medidas, os dados coletados são enviados via rede ZigBee para o Coordenador que se encontra em um computador conectado via Serial. No computador, temos o auxílio de um software feito em linguagem de programação Python, responsável por gravar os dados lidos de todos os cômodos em um arquivo de texto, que será posteriormente lido e exposto em tempo real na TV presente na Casa Sustentável, com o intuito de que os visitantes possam perceber como as mudanças arquitetônicas têm influência sobre esses parâmetros.

Figura 2. Componentes utilizados na montagem do nó End Device.



O módulo Xbee S1, assim como o micro controlador ATMEGA328P nas placas Arduino, é nosso grande aliado quando tratamos conceitos de eficiência energética e otimização do uso da bateria. Ambos apresentam modos Sleep de funcionamento, que colocam os núcleos de processamento e periféricos para “dormir”, reduzindo então drasticamente o consumo de corrente da bateria. Ambos os dispositivos precisam que algo os “acordem”, e eles possuem diversas maneiras para isso.

Após estudos e experiências com os diversos métodos, escolhemos o do XBee Pin Hibernation, que é controlado através do pino 9 Sleep_RQ do módulo XBee, sendo capaz de entrar em modo Sleep quando o nível lógico for alto, e sair do mesmo quando o nível lógico for baixo. Com o intuito de gerar ainda mais economia, usamos no Arduino o modo Power Down, desligando quase por completo o microprocessador e seus periféricos, mas acorda novamente apenas por interrupções. A fim de fazer algo menos suscetível a erros de comunicação, escolhemos a interrupção via WatchDog Timer, que consiste em um contador rodando externamente ao clock do processador, e assim nunca para, mesmo com o modo Sleep. Dessa forma, conseguimos programar com certa exatidão os tempos em que o nó End Device entrará em economia de energia, mandando de forma programada as medições dos sensores para o Coordenador.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o uso da bateria de 7,4V e 1000mAh em todos os End Devices, se espera que todos os métodos usados para economia de energia aumentem, de fato, a autonomia de cada dispositivo. Após

medições com um amperímetro no circuito, usamos a Tabela 1 para comparar o número de horas estimado, com e sem a implementação dos modos Sleep.

Tabela 1. Comparação de consumo de energia do nó End Device.

<i>Componente</i>	<i>Consumo em Sleep (mA)</i>	<i>Consumo acordado (mA)</i>	<i>Autonomia da bateria com Sleep (horas)</i>	<i>Autonomia da Bateria sem Sleep (horas)</i>
<i>Nó End Device</i>	36,4	101,5	27,5	9,8
<i>Nó End Device sem XBee</i>	30	45,3	33,3	22

Podemos observar que o ZED é responsável por grande parte do consumo quando está enviando dados para o Coordenador, com um gasto de aproximadamente 56 mA. Entretanto, em Sleep ele consome apenas 6mA, cerca de 9 vezes menos. O aparelho que mais contribui para os 36,4mA, mesmo estando em Sleep, é a placa Arduino, em grande parte pelos reguladores de tensão e outros componentes discretos. Como no Laboratório Casa Sustentável temos funcionários responsáveis pela manutenção dos equipamentos, é possível repor as baterias conforme elas vão descarregando. Logo, o aumento da autonomia em 3 vezes é satisfatório, mas os funcionários teriam que trocar as baterias dos equipamentos praticamente todos os dias.

Alguns métodos complementares ainda podem ser implementados, com o intuito de termos um consumo máximo de até 10mA no nó End Device, o que eleva assim a duração da bateria para um pouco mais de 100 horas. Uma possibilidade seria continuarmos com a plataforma Arduino, entretanto usando-a no modo Standalone. Isto exclui boa parte do consumo, mantendo ligado apenas o microcontrolador, os capacitores e o cristal responsável pelo clock. Dessa forma, a demanda estimada do Arduino cairia para menos de 1mA, que somado com os 6mA do ZED tornaria o nó ativo por mais de 100 horas sem a troca da bateria.

Outra possibilidade seria usar os módulos ZigBee em modo Standalone. Esses módulos possuem portas digitais (assim como conversores analógicos-digitais internos), permitindo a leitura e transmissão dos dados provenientes dos sensores de forma remota, sem precisar passar por um microcontrolador para o processamento dos sinais. O consumo de energia esperado seria em torno dos 6mA em modo Sleep, proporcionando mais de 100 horas de duração da bateria.

CONCLUSÃO

O projeto Laboratório Casa Sustentável pode ser considerado um projeto que abrange os três pilares adotado pelo grupo PET Elétrica (ensino, pesquisa e extensão) através da metodologia ativa de aprendizagem PjBL, além de ser um tema atual aplicável tanto nas propriedades residenciais, quanto no mercado de trabalho, e um projeto que evidencia a importância da engenharia e o meio ambiente.

O monitoramento do LCS possibilita, tanto os petianos, quanto a comunidade externa, um maior conhecimento sobre o funcionamento e os dados apresentados, que por sua vez possibilita identificar erros e realizar manutenções, tornando o projeto mais conciso e qualitativo. Ademais, cabe ressaltar que a rede de monitoramento implementada, é fonte contínua de estudos, uma vez que com os avanços tecnológicos e os impactos ambientais, inovações e melhorias passam a ser necessidades.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Educação Tutorial PET/MEC, Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora e ao Laboratório de Estudos em Conforto Ambiental e Sustentabilidade pelo suporte e convite para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Arduino. What is Arduino?. 2018. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>. Acesso em: 23 de abril de 2018.

Digi. Xbee / Xbee Pro ZB RF Modules. Disponível em: <https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90000976.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2018.

Nenoki, E. ZigBee – Estudo da tecnologia e aplicação no sistema elétrico de potência. 51f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações). Departamento Acadêmico de Eletrônica. Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2013.

ONU. A ONU e o meio ambiente. 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>. Acesso em: 26 de Abril de 2018.

ZigBee Alliance. The ZigBee Alliance. 2018. Disponível em: <http://www.zigbee.org/zigbee-for-developers/about-us/>. Acesso em: 23 de Abril de 2018.