

MONITORAMENTO DE TEMPERATURA DO AR E DE SUPERFÍCIE EM EDIFICAÇÕES USANDO REDES SEM FIO PADRÃO IEEE 802.15.4

Everton D. Oliveira (1); Fabiana S. Podeleski (2); Lia T. M. Mota (3); Claudia C. Pezzuto (4); Alexandre A. Mota (5)

(1) Engenheiro Eletricista, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, everton_deoliveira20@hotmail.com

(2) Engenheira Eletricista, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, podeleski@yahoo.com.br

(3) Prof^a Dr^a, docente permanente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e do Programa de Pós-graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, lia.mota@puc-campinas.edu.br

(4) Prof^a Dr^a, docente permanente do Programa de Pós-graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, claudiapezzuto@puc-campinas.edu.br

(5) Prof^o Dr^o, docente permanente do Programa de Pós-graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, e do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, amota@puc-campinas.edu.br

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Rodovia Dom Pedro, km 136 Parque das Universidades, CEP 13086-900 – Campinas - SP, Tel: (19) 3343-7239

RESUMO

O presente trabalho propõe uma solução para o monitoramento de temperatura do ar e de superfície em edificações usando redes sem fio com o padrão IEEE 802.15.4, pois regiões metropolitanas da atualidade enfrentam diversos problemas no meio urbano, como o aumento da temperatura, por vários fatores como: ilhas de calor, aumento da população, aumento do número de edificações, aumento do tráfego, etc. A metodologia adotada foi à construção de um sensor de temperatura de superfície e um sensor de temperatura do ar, a partir de um transdutor de temperatura vendido comercialmente, e para transmissão dos dados em modo sem fio foi utilizado um par de rádios operando com o padrão IEEE 802.15.2. Após a confecção do sensor de temperatura do ar e do sensor de temperatura de superfície foram realizados testes junto com sensores de referência disponíveis do mercado para a validação dos sensores construídos, também foram produzidos gráficos com os dados de temperatura aqusitados durante os ensaios, desta forma os sensores se mostraram eficazes do ponto de vista de precisão e de custo financeiro.

Palavras-chave: Sensor de temperatura do ar, Sensor de temperatura de superfície, Padrão IEEE 802.15.4.

ABSTRACT

This paper proposes a solution to the air temperature monitoring and surface buildings using wireless networks with the IEEE 802.15.4 standard, for today's metropolitan regions face different problems in urban areas, such as increased temperature, for several factors such as heat islands, increasing population, increasing the number of buildings, increased traffic, etc. The adopted methodology was to construct a surface temperature sensor and an air temperature sensor from a temperature transducer sold commercially, and for data transmission in wireless mode has been used a pair of radios operating in the standard IEEE 802.15.2. After making the air temperature sensor and the surface temperature sensor tests were made with available market reference sensors for validation of sensors built, were also produced graphics with aqusitados temperature data during tests, thus the sensors have proven effective from the viewpoint of precision and financial cost.

Keywords: Air temperature sensor, Surface temperature sensor, Standard IEEE 802.15.4.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, as regiões metropolitanas em todo o mundo enfrentam diversos problemas no ambiente urbano, como o aumento da temperatura nos grandes centros urbanos dado por vários fatores presentes no ambiente urbano como: ilhas de calor, aumento da população, aumento do número de edificações, aumento do tráfego, etc. (INSTITUTO DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO, 2013). Esse aumento da temperatura se reflete nas diferentes tipologias de edificações disseminadas no meio urbano, podendo acarretar um aumento do consumo de energia elétrica associado ao funcionamento de equipamentos de resfriamento como, por exemplo, o ar-condicionado.

Porém, o consumo de energia elétrica na edificação pode ser minimizado a partir da tomada de ações, baseadas na análise do desempenho e do conforto térmicos da edificação. Nesse sentido, Monteiro e Pezzuto (2013) exploraram a caracterização do ambiente térmico urbano na cidade de Campinas no interior do Estado de São Paulo, investigando a influência da estrutura urbana e o ambiente térmico nos espaços urbanos abertos, concluindo que existe diminuição da temperatura da edificação quando existem áreas de vegetação no perímetro urbano. Já o Laboratório de Eficiência Energética (Labee) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em pesquisa no tema de sustentabilidade nas edificações, mostrou um panorama geral sobre a sustentabilidade nas edificações existentes no cenário mundial (LAMBERTS, 2012). Essa referência mostra que a redução dos impactos na construção civil não se trata de uma tarefa fácil e, se otimizada, comprova que as edificações podem consumir menos recursos e, conseqüentemente, energia elétrica, mantendo o conforto térmico.

Nesse contexto, a análise do conforto térmico das edificações torna-se um recurso muito utilizado para quantificar o conforto térmico da edificação, atualmente existem diversas normas técnicas afim de regulamentar as condições de conforto térmico como por exemplo: ISO 11079-2007 que trata da determinação e interpretação do estresse térmico por frio, utilizando isolamento requerido de vestimenta, ISSO 8996-2004 que trata da ergonomia do ponto de vista da determinação da produção de calor metabólico, ISSO 9920-2007 que aborda ergonomia de ambientes térmicos através da estimativa de isolamento térmico e resistência evaporativa de um traje de roupa, NR 15 desenvolvida pelo Ministério do Trabalho que cuida dos limites de tolerância para exposição ao calor, dentre outras. (LAMBERTS, 2014).

Essas grandezas são monitoradas atualmente por diversos tipos de sensores como sensores compostos por tipos de sondas específicas para aferição de temperatura do ar, temperatura de superfície, temperatura ambiente, temperatura radiante média, velocidade do vento existindo também a necessidade de outros elementos como *data-loggers*, globos, etc. (LAMBERTS, 2014). Com isso, uma das soluções existentes para aferição de dados de conforto térmico de uma edificação são os sensores de temperatura de superfície e sensores de temperatura do ar, amplamente difundidos e disponíveis no mercado que são instalados nas edificações coletando os dados de temperaturas (em alguns casos até por um ano) todo para inferir o comportamento da temperatura na edificação durante as estações do ano, porém estes sensores na maioria de suas aplicações não trabalham com a transmissão dos dados em modo sem fio (DANFOSS, 2015).

Com isso, este trabalho propõe a implementação de um sensor de temperatura do ar e de um sensor de temperatura de superfície utilizando o padrão de transmissão sem fio IEEE (*Institute of Electrical and Eletronics Engineers*) 802.15.4. O padrão IEEE 802.15.4 é um padrão de comunicação de dados desenvolvido com o finalidade principal transmitir dados para soluções de baixo custo financeiro e baixo custo de energia, pois necessita de pouco investimento para promover a tecnologia para com os seus usuários e fontes de alimentação de energia como: pilhas e baterias de uso doméstico para suas aplicações, e também muito utilizado em locais que se necessita de sensoriamento mas não se dispõe de infraestrutura cabeada o que tornaria um projeto com maior custo por exemplo (IEEE, 2003).

Este padrão de comunicação de dados é largamente utilizado por sua capacidade e desempenho durante o período de utilização dos dispositivos, tendo aplicações em monitoramento do consumo de energia, monitoramento de temperatura em ambientes internos e externos, monitoramento da qualidade de transmissões sem fio dentre outras aplicações, porém as desvantagens deste padrão de comunicação é a limitação da distância para linha de visada que restringe a 100 metros, também vale destacar a vulnerabilidade dos dados de uma rede de sensores, em alguns casos é indicado elaborar um sistema de criptografia para tornar a comunicação sem fio mais segura (IEEE, 2013).

2. OBJETIVO

Assim, o objetivo deste artigo é apresentar o desenvolvimento de um sensor de temperatura de superfície e de um sensor de temperatura do ar de baixo custo, com capacidade de armazenamento dos dados adquiridos, capaz de transmitir os dados de temperatura de maneira sem fio utilizando o padrão de comunicação de dados IEEE 802.15.4.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais; sendo elas, o módulo sensor que consiste no desenvolvimento e construção dos sensores de temperatura do ar e do sensor de temperatura de superfície, módulo rádio responsável pela transmissão sem fio com o padrão IEEE 802.15.4 dos dados de temperatura e o protótipo que consiste na unificação do módulo sensor e do módulo rádio afim de trazer mobilidade a tecnologia desenvolvida como pode ser visto no diagrama de blocos construído na figura 1.

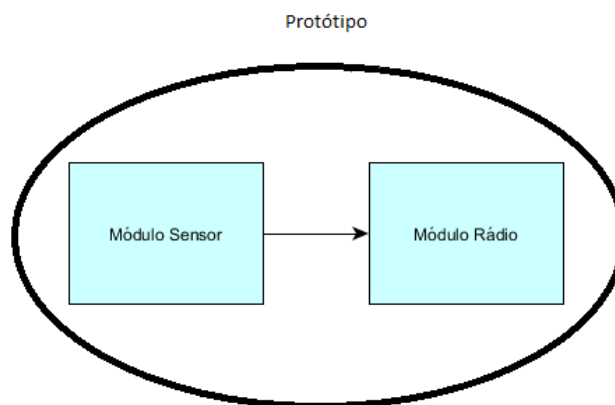


Figura 1 – Diagrama de blocos.

3.1. Módulo Sensor

Visando o desenvolvimento de um sensor de baixo custo, optou-se pela utilização de componentes eletrônicos. Nesse sentido, existem varias opções como, por exemplo, o emprego de circuitos utilizando termoresistores, transistores, circuitos integrados (CIs) dentre outras (Thomazini; Albuquerque, 2007).

Optou-se, então, pela utilização de um CI, devido a sua versatilidade, custo reduzido e precisão, tornando o projeto mais robusto e confiável. Existem vários CIs disponíveis comercialmente para medição de temperatura. Neste trabalho, foi empregado o CI MCP900a que consiste em um transdutor de um dado de temperatura para um dado de tensão analógica, compostos por três pinos sendo eles: V_{dd} (tensão de alimentação), V_{out} (tensão de saída) e GND (terra) CI tem capacidade de operação para aferição de temperaturas entre um range de -40°C à 125 °C, com precisão de ± 2 °C esta precisão é suficiente pois é uma tolerância admitida por convenção entre os fabricantes de CIs de temperatura, trabalhando com alimentação nas faixas de tensão de 3,3V à 5V, possui uma relação de 10 mV/°C em seu pino de saída sendo, 0V = 0°C, não necessitando de componentes externos para seu funcionamento. Na figura 2 é possível visualizar o encapsulamento do CI em questão. (MCP900a Data Sheet 2007)

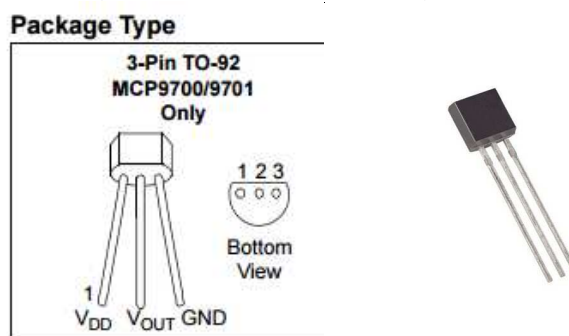


Figura 2 – Ilustração do encapsulamento do CI MCP900a. (MCP900a Data Sheet, 2007).

3.2. Módulo Rádio

3.2.1 Microcontrolador

O microcontrolador empregado foi o Atmega 168, como o exemplificado na figura 3, do tipo Atmel de 8 bits que contém 8 pinos de conversão analógico-digital (ADC), que serve para converter a entrada analógica em saída digital, com 10 bits por canal. A figura 3 exemplifica a localização do chip do microcontrolador.

3.2.2 Chip Transceptor

Já o módulo de transmissão escolhido foi o de um *chip* transceptor com o *part number* CC1101 encarregado para aplicações sem fio de baixa potência. A figura 3 ilustra o chip mencionado.

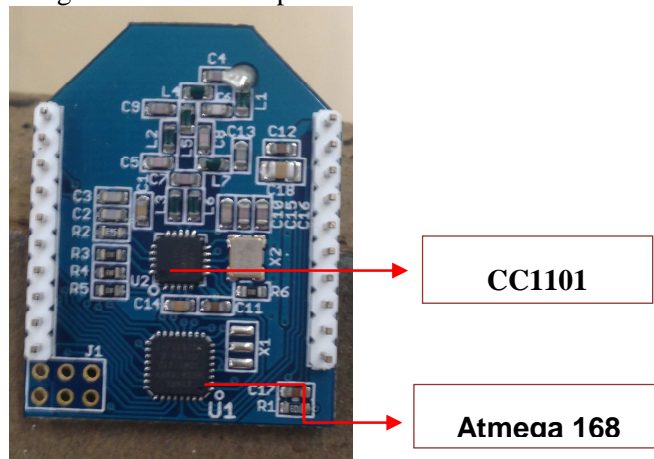


Figura 3 - Chip CC1101.

Esse chip de RF (Rádio Frequência) tem um range de frequências de 348 a 928MHz. A sua integração com o módulo rádio (RFBee) trabalha na frequência de 868 a 915MHZ.

Outro parâmetro muito importante do chip CC1101 é a medição de intensidade de sinal do sistema (RSSI - *Received Signal Strength Indication*). O nível de potência do canal escolhido é medido em valores do ganho de corrente do Receptor. A RSSI é fornecida em valores de dBm com 1/2dB de precisão, esta resolução é suficiente pois representa alta confiabilidade do dado transmitido.

3.2.3. Módulos de transmissão e recepção

Os módulos escolhidos para a transmissão e recepção são rádios do tipo RFBee, este tipo de *hardware* é um transceptor capaz de ser configurado como módulo de transmissão de dados e também como módulo de recepção de dados utilizando o protocolo de comunicação disponibilizado pelo projeto Radiuino® (Radiuino,2011). Este protocolo viabiliza a transmissão e recepção de dados com interfaces de programação *open-source*. O rádio RFBee é ilustrado na figura 4.

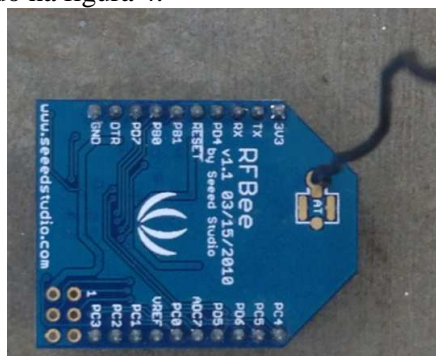


Figura 4 - Transceptor RFBee.

Essa plataforma possui um microcontrolador ATmega168 e um transceptor CC1101, já descritos anteriormente, para realizar a coleta, o processamento e a transmissão dos dados. O RFBee opera por meio

de comunicação serial o que possibilita a gravação do microcontrolador com interface UART (Unidade Assíncrona de Transmissão e Recepção de Dados) pinos UART Tx (Pino 2) e UART Rx (Pino 3). A figura 5 ilustra o processo de comunicação UART com os dispositivos Rx e Tx.

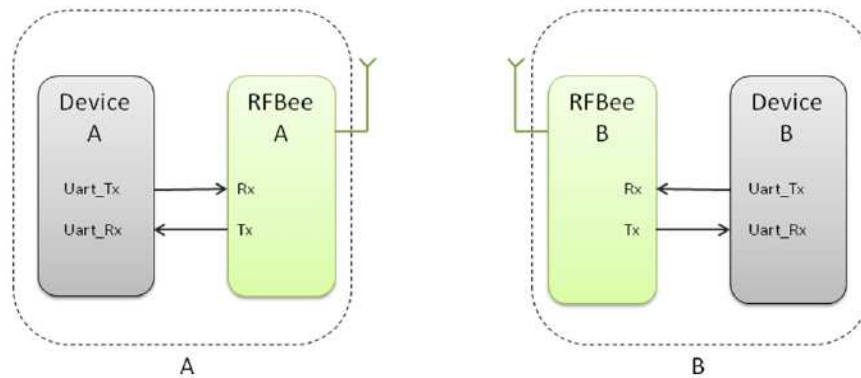


Figura 5 - RFBee interfaces UART Rx e Tx.(Manual RFBee versão 1.1, 2011)

Para agrupar os hardwares (sensor e módulo RFBee) foi desenvolvida uma placa de circuito impresso afim de atingir essa demanda e proporcionar ao projeto um modelo de protótipo o mais próximo possível de um produto a ser comercializado. O software utilizado para a confecção do layout da placa foi o *software Eagle* versão 5.0 *free* para estudantes.

A figura 6 contém o esquemático do circuito de alimentação para o circuito, a tensão de entrada é uma bateria de 9 V, tensão essa que seguiu para um regulador de tensão de 5 Volts para o módulo sensor e 3.3V para o módulo RFBee de transmissão.

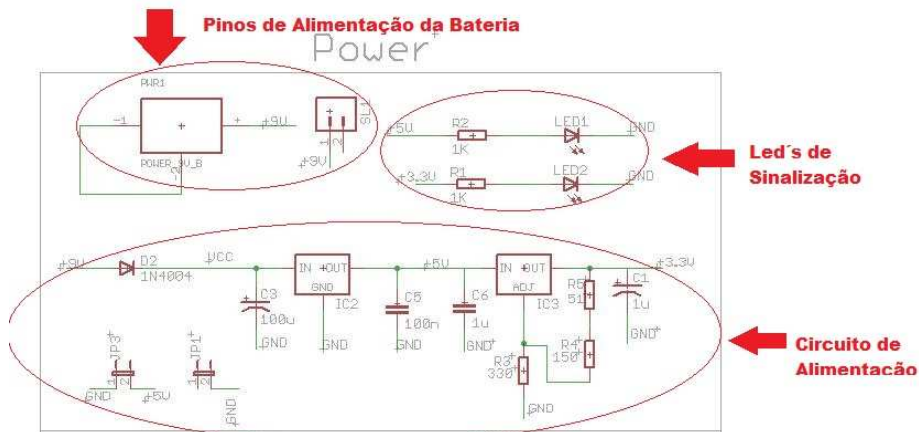


Figura 6 – Esquema elétrico da alimentação da placa.

Já para o módulo RFBee de transmissão foram adicionados um conector do tipo *Header* fêmea com 10 pinos para cada extremidade do módulo, como pode ser visto no esquemático ilustrado na figura 7.

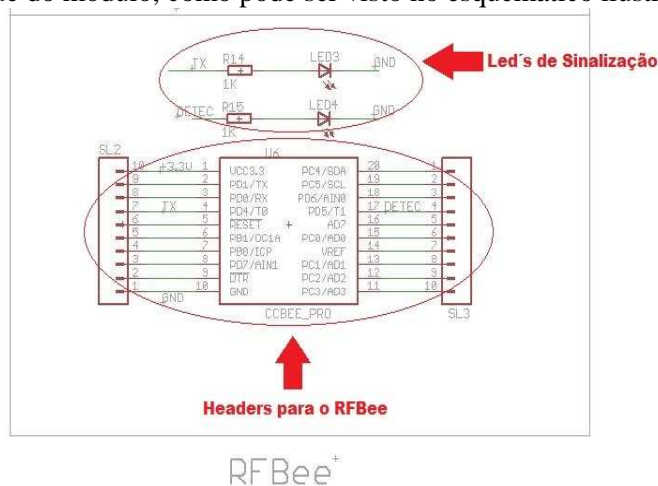


Figura 7 – RFBee com os conectores *Headers* acoplados em suas extremidades.

3.3. Protótipo

3.3.1. Sensor de temperatura ambiente

Nesta etapa de montagem do protótipo, foram necessários alguns ajustes como, por exemplo, para o sensor de temperatura do ar foi necessário soldar um cabo do tipo *flat* com um 1m de comprimento, para possibilitar maior agilidade ao processo de aferição da temperatura como pode ser visto na figura 8.



Figura 8 – Protótipo do Sensor de temperatura do ar.

3.3.2. Sensor de temperatura de superfície

O MPC900a é um CI encapsulado no padrão TO-92 e, por isso, precisa ser adaptado para utilização como sensor de temperatura de superfície, caso contrário, como seu corpo e terminais ficam em contato com o ar, a temperatura de outro fluido ou até mesmo de outra superfície podem influenciar suas medições. Além da interferência por contato de fluidos ou superfície, existe também a influência da irradiação solar quando o mesmo estiver fixado nas áreas externas das edificações.

Desta forma, foi necessário desenvolver uma capsula composta por 4 placas de cortiça em formato retangular nas dimensões 40mm X 15mm, sendo uma delas com um rasgo em formato de quadrado nas dimensões 3mm X 3mm na região central assim como pode ser visto na figura 9.



Figura 9 – Placas de cortiça.

Também foi necessária a utilização de uma placa de alumínio devido as suas propriedades térmicas de preservação da temperatura, nas mesmas proporções das placas de cortiça a ser colocada sobre a quarta placa de cortiça untada com pasta térmica afim de uniformizar a temperatura de superfície e também o contato entre as placas da capsula desenvolvida. Também foi necessário soldar um cabo do tipo flat com o comprimento de 1m, as placas de cortiça juntamente com a placa de alumínio e o CI MPC900a foram presos nas extremidades com fita isolante como pode ser visto na figura 10.



Figura 10 – Protótipo do sensor de temperatura de superfície.

3.3.3. Placa para módulo rádio e sensor

A placa de circuito impresso preparada para receber o módulo rádio possui alimentação de uma bateria de 9V, espaço para acoplamento do módulo rádio e do módulo sensor onde hora foi utilizado o sensor de temperatura do ar e hora foi utilizado o sensor de temperatura como pode ser visto na figura 11.

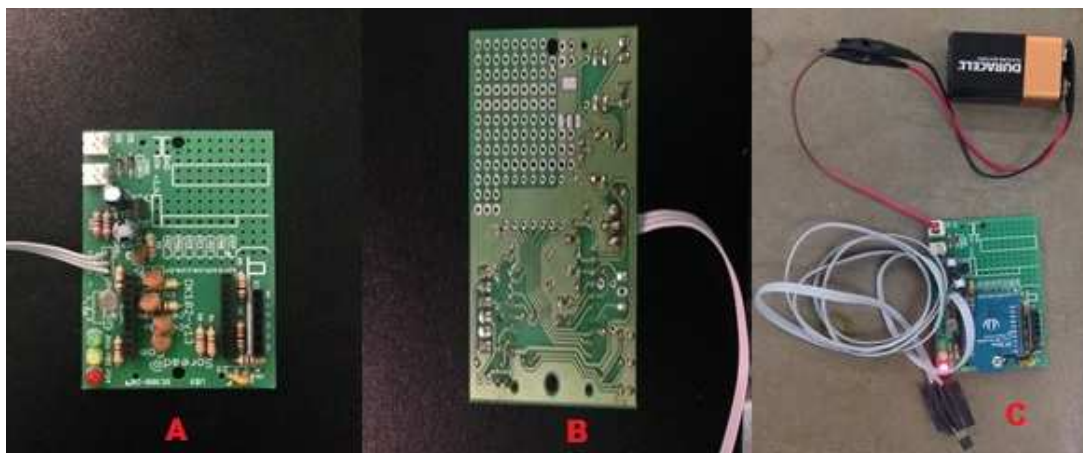


Figura 11 – Placa para módulo rádio e módulo sensor.

A figura 11 foi dividida em três partes sendo elas: A, B e C respectivamente. A primeira parte ilustra a placa de circuito impresso a partir da vista superior com os componentes soldados, a segunda parte da figura ilustra a vista inferior da placa de circuito impresso com as trilhas de cobre, já a terceira parte ilustra a placa de circuito impresso completa com acoplamento da bateria de alimentação, módulo rádio de comunicação sem fio e o sensor.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os dados apresentados a seguir, são fruto dos resultados coletados a partir dos ensaios realizados no Laboratório de Conforto Ambiental da Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

4.1. Teste de Temperatura do Ar

O teste foi realizado a partir do *set-up* montado no interior do Laboratório de Conforto Ambiental da universidade munido de ventilação natural em um dia de temperatura amena sem grandes alterações. Para este teste além do sensor construído, conjunto de rádios para transmissão sem fio e de um *notebook*, também foi utilizado um sensor de uso comercial para calibração e validação do sensor construído. A figura 12 ilustra o ensaio.

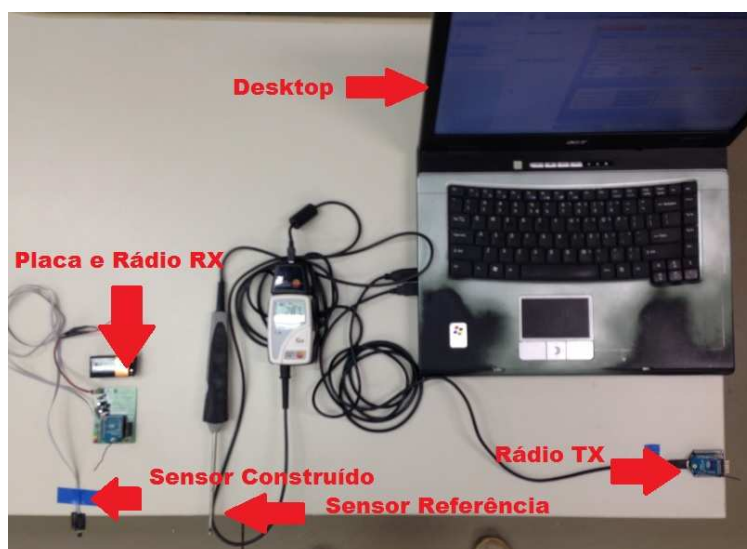


Figura 12 – Teste de temperatura do ar.

O ensaio foi realizado por duas horas, onde foram adquiridos os dados de temperatura do ar a cada 30 segundos, pois a temperatura não é um dado que se altera bruscamente na maioria dos casos sua alteração levam-se alguns minutos para que a temperatura se altere. O sensor construído gera um arquivo com extensão em “.txt” onde a capacidade de armazenamento de dados é proporcional a capacidade de memória do *notebook*; já o sensor comercial tem capacidade para 36 horas de armazenamento em sua memória interna. A figura 13 apresenta um gráfico com o dados da temperatura do ar com o sensor construído e com o sensor referência.

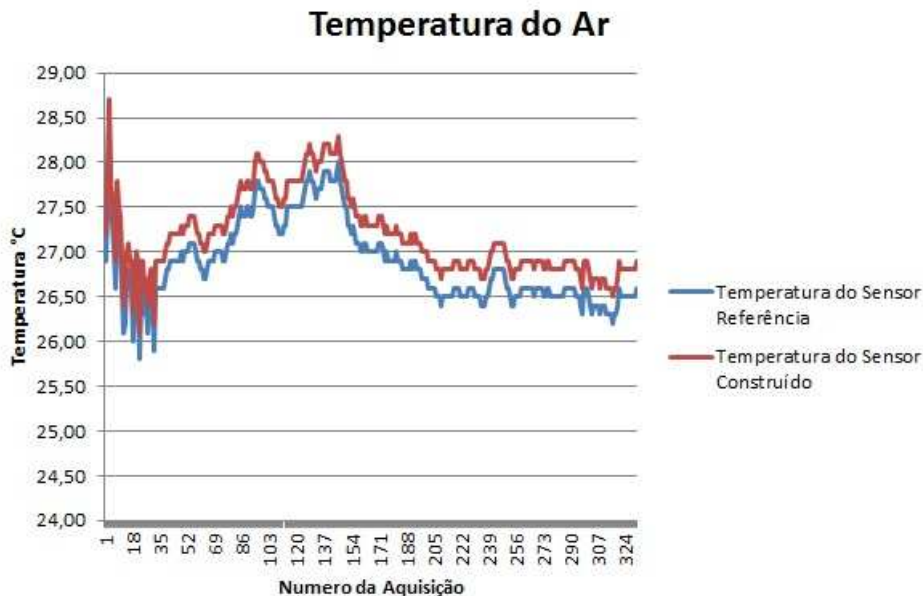


Figura 13 – Gráfico da temperatura do ar.

O erro absoluto médio criado pelo Físico Gustav Theodor Fechner (1801 - 1887) pode ser calculado a partir da seguinte equação:

$$EAM = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N |T_{spi} - T_{refi}| / T_{refi}$$

Equação 1: Erro absoluto médio.

Onde: EAM= Erro Absoluto Médio; N= n° total de amostras; i = amostra “i”; Tspi = temperatura do sensor proposto; Tref = temperatura do sensor referência.

Analisando os dados coletados foi possível atestar a validade do sensor desenvolvido neste trabalho uma vez que o erro absoluto médio (calculado a partir da equação 1) foi de 1,5%, este percentual de erro está dentro dos padrões pois é uma variação muito pequena.

4.2. Teste de temperatura de superfície

O teste com o sensor de temperatura de superfície também foi realizado no interior do Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade. Para este ensaio, os equipamentos utilizados foram: sensor de temperatura de superfície construído, sensor de temperatura de superfície de uso comercial para calibração e validação do sensor construído, um *notebook*, conjunto de rádios para transmissão sem fio dos dados de temperatura e duas resistências domésticas de aquecimento e como superfície foi utilizado um corpo de prova quadrado de argamassa (traço 1:2) pura nas dimensões de 200mm X 200mm com 50mm de espessura simulando a superfície de uma edificação, este corpo de prova foi escolhido por ser uma tipologia utilizada na construção das edificações no meio urbano. A figura 14 apresenta o *set-up* de teste.



Figura 14 – Teste de temperatura de superfície.

O ensaio teve início com os dois sensores de superfície fixados em uma das faces do corpo de prova de argamassa pura na região central. Na outra face do corpo de prova, foram posicionadas as duas resistências domésticas de aquecimento em aproximadamente 90°C (capacidade de aquecimento das resistências utilizadas) por uma hora onde foi observado o processo de aquecimento do corpo de prova, realizando aquisições dos dados de temperatura a cada 30 segundos. Após uma hora de aquecimento do corpo de prova, as resistências de aquecimento foram desligadas e retiradas de perto do corpo de prova, sendo observado o comportamento da queda de temperatura do bloco de argamassa durante uma hora. Os resultados das medidas de temperatura pelos dois sensores de temperatura de superfície podem ser visto no gráfico da figura 15.

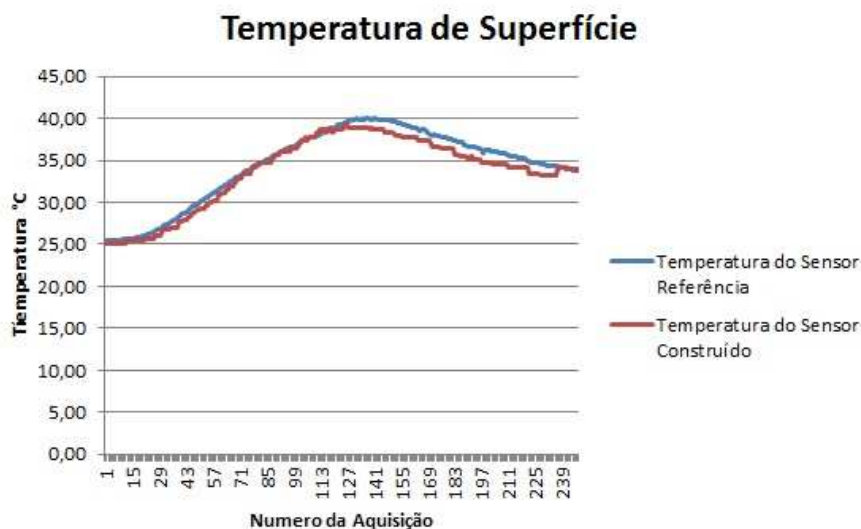


Figura 15 – Gráfico da temperatura de superfície.

Na figura 15 a linha em azul representa os dados de temperatura coletados com o sensor referência, a linha em vermelho representa os dados de temperatura coletados com o sensor construído, ambas as curvas representam o comportamento da temperatura durante o ensaio realizado.

Após a análise dos dados coletados, constatou-se que o erro absoluto médio entre a temperatura do sensor de temperatura de superfície construído foi de apenas 2% em relação ao sensor adotado como referência, cálculo realizado a partir da equação 1 citada anteriormente.

4.3. Análise custo

Também foi realizada uma pesquisa sobre o custo dos sensores de temperatura do ar e sensores de temperatura de superfície vendidos comercialmente onde cada um deles é comercializados por aproximadamente R\$700,00. Já os sensores construídos tiveram um custo inferior a este preço, sendo que o sensor de temperatura do ar foi de R\$260,00 e o custo do sensor de temperatura de superfície foi de R\$272,50.

O protótipo desenvolvido possui a possibilidade de extensão para até oito sensores que no caso do sensor de temperatura do ar o custo para oito sensores seria de R\$330,00 e no caso do sensor de temperatura de superfície o custo para oito sensores seria de R\$430,00, porém para ambos tipos de sensores o custo de mercado para os sensores seria de R\$5.600,00 para os sensores de temperatura do ar e R\$5.600 para os sensores de temperatura de superfície.

5. CONCLUSÕES

Com a análise dos dados coletados no ensaio de temperatura do ar e do ensaio de temperatura de superfície, constatou-se que a escolha do CI MPC900a utilizado como fonte para transdução do dado de temperatura foi uma escolha assertiva. No ensaio de temperatura do ar o EAM em relação ao sensor referência foi de apenas 1,5%; já no ensaio de temperatura de superfície os resultados também foram positivos em relação a escolha do CI MPC900a e do desenvolvimento da capsula com placas de cortiça e alumínio para proteger o CI e também manter a temperatura da superfície do corpo de prova uniforme em toda a região do sensor construído pois o EAM foi de 2% em relação ao sensor utilizado como referência.

O fato dos sensores construídos terem como diferencial o modo de transmissão sem fio do sinal operando no padrão IEEE 802.15.4, traz um diferencial de inovação tecnológica para os sensores utilizados atualmente nas edificações que não operam neste tipo de tecnologia, necessitando sempre manter um computador ao lado do sensor durante o processo de aquisição de dados. Outro diferencial também é a capacidade de armazenamento de dados que nos sensores construídos a capacidade de armazenamento está diretamente ligada a capacidade de memória do computador em que o módulo base do rádio estiver conectado ao contrário dos sensores de uso comercial que tem uma capacidade de memória limitada.

O custo dos sensores construídos apresentaram dados significativos perante o custo dos sensores de uso comercial disponíveis no mercado, sendo que os sensores construídos apresentaram uma economia em torno de 70% com relação aos sensores referências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Sustentabilidade Urbana.** Disponível em: http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arc_urbanismo/disciplinas/aut0221/Material_de_Apoio/Cidades/Sustentabilidade_Urbana_artigo_joana_Goncalves.pdf Acesso em: 13 de março de 2015;
- Ambiente Urbano.** Disponível em: http://ambientes.ambientebrasil.com.br/urbano/artigos_urbano/aquecimento_global_-_ficcao_x_realidade.html Acesso em: 13 de março de 2015;
- Data Sheet CI MPC900a.** Disponível em: <http://www.electronicoscaldas.com/sensores-de-temperatura/192-sensor-de-temperatura-mcp9700a.html> Acesso em: 30 de março de 2015;
- Normas relacionadas a Conforto Ambiental, Professor Roberto Lamberts.** Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila%20Conforto%20T%C3%A9rmico%202014.pdf> Acesso em: 09 de abril de 2015;
- Padrão IEEE 802.15.4.** Disponível em: <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html> Acesso em 09 de Abril de 2015;
- Aumento do consumo de energia elétrica.** Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/57-artigos-e-materias/532-consumo-de-energia-deve-crescer-48-ate-2020.html> Acesso em: 04 de junho de 2014;
- Procel Edifica.** Disponível em <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm> > Acesso em: 08 de junho de 2014;
- Raduino.** Disponível em: radiuno.cc Acesso em 02 de maio de 2013;
- Região Metropolitana de São Paulo.** Disponível em http://www.nepo.unicamp.br/textos/publicacoes/livros/megacidades/megacidades_RMSP.pdf > Acesso em: 30 de maio de 2014;
- Sensores de Temperatura.** Disponível em: http://www.danfoss.com/latin_america_portuguese/businessareas/industrialautomation/products_pdf/temperature+..htm Acesso em: 04 de julho de 2015.