UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR – SIMTU-AR:

(Uma contribuição para a sala de máquinas da ressonância magnética do HUOL)

Amauri Marcos Costa de Morais Junior

Natal/RN

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR – SIMTU-AR:

(Uma contribuição para a sala de máquinas da ressonância magnética do HUOL)

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentado ao Departamento de Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para obtenção do título de Graduado em Engenharia Biomédica.

Graduando: Amauri Marcos Costa de Morais Junior

Orientador: Hélio Roberto Hékis

Natal/RN

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR – SIMTU-AR:

(Uma contribuição para a sala de máquinas da ressonância magnética do HUOL)

Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso - TCC:

Prof. Dr. Hélio Roberto Hékis _____

UFRN - Orientador

Prof. Custódio L. de B. Guerra Neto _____

UFRN – Avaliador Interno

Eng. Davidson Rogério de M. Florentino _____

HUOL – Avaliador Externo

Eng. Rafael Cavalcanti Contreras _____

HUOL – Avaliador Externo

Natal/RN

2017

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a *DEUS* por ter me dado forças todos os dias para conquistar meus objetivos, e mesmo com as dificuldades diárias Ele esteve comigo, me ajudando a supera-las e cada uma dessas dificuldades tornou-se como ensinamentos. “Deus não nos dá um fardo maior do que possamos suportar” 1 Coríntios 10:13.

Quero agradecer aos meus familiares que sempre me apoiaram e tiveram compreensão apesar da distância, a minha noiva Crislane Santiago pela paciência o amor e o companheirismo durantes esses dias, aos meus amigos da Célula da Igreja pelas orações e apoio motivacional, ao meu amigo Anderson Bruno por sempre ter me incentivado a não desistir dos meus sonhos, ao meu amigo Kletson Vieira por ser um espelho para mim desde quando eu o conheci, aos meus amigos do grupo Carcará Adventure que sempre me ajudaram a relaxar e recuperar minhas energias para voltar aos estudos, aos meus amigos do grupo do Sandrismo.

Quero agradecer aos meus amigos da Engenharia Biomédica por sempre estarem ao meu lado nessa vida acadêmica: Alice Suassuna, Anaíra Silva, Ruana Pimenta, Pedro Saler, Edilson Dantas, Marcelo Lima, Victor Acioly, Bruno Linhares, Wedson Barbosa, Jéssica Daniella, Edwillian Araújo, Nathanael Vieira, Patricio Oliveira, Henrique Lima.

Quero agradecer ao pessoal do HUOL que me deu todo o apoio durante esse projeto: Ícaro Fernando, Rafael Gadelha, Rafael Contreras, Davidson Rogério, Charles Macedo, Alysson Thiago.

Quero agradecer aos professores da Engenharia Biomédica, em especial ao meu orientador do TCC Hélio Roberto Hékis por ter me ajudado nesse projeto com carinho e atenção, e ao professor Custódio L. de B. Guerra Neto pela sua dedicação e por sempre se dispor a ajudar os alunos do curso.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS 4

SUMÁRIO 5

LISTA DE FIGURAS 7

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS 8

LISTA DE TABELAS 9

LISTA DE QUADROS 10

RESUMO 11

ABSTRACT 12

1. INTRODUÇÃO 13

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA E DO PROBLEMA 13

1.2 JUSTIFICATIVA 14

1.3.1 OBJETIVOS 15

1.3.1 GERAL 15

1.3.2 ESPECÍFICOS 15

1.3 ESTRUTURA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO 15

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 16

2.1 PLATAFORMAS DE PROTOTIPAGEM ELETRÔNICA 16

2.2 PLATAFORMA ARDUINO 17

2.3 SENSORES DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR DE BAIXO CUSTO 19

2.3.1 DHT11 21

2.3.2 DHT22 22

2.3.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS SENSORES 24

2.4 MONITOR LCD 24

3.5 LED 25

3.6 BUZZER 27

3. MATERIAL E MÉTODOS 28

3.1 CONSTRUÇÃO DO CIRCUITO ELETRÔNICO 28

3.2 ELABORAÇÃO DO ABRIGO DO CIRCUITO 29

3.3 IMPLEMENTAÇÃO DOS ALGORITMOS 31

3.4 COMPARAÇÃO DOS SISTEMA CONVENCIONAL COM O NOSSO DISPOSITIVO 32

4. RESULTADOS 34

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 35

REFERÊNCIAS 37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Plataformas de prototipagem eletrônica. (a) arduino. (b) raspberry pi. (c) beaglebone. 16
Figura 2 - Ambiente de desenvolvimento arduino (IDE). 18
Figura 3 - Arduino UNO rev. 3: (a) frente. (b) verso. (c) esquema. 19
Figura 4 - Sensor DHT11 pinos. 21
Figura 5 - Circuito eletrônico do DHT11 com arduino 22
Figura 6 - Sensor DHT22 pinos 22
Figura 7 - Circuito eletrônico do DHT22 com arduino. 23
Figura 8 - LCD: 16 × 2 baseado em HD44780. 24
Figura 9 - Figura 9 - Circuito eletrônico do LCD: 16 × 2 (a) com potenciômetro (b) e arduino (c) 25
Figura 10 - Diferentes tipos de LEDs 26
Figura 11 - Simbologia de um LED 26
Figura 12 - Circuito eletrônico do LED com arduino 26
Figura 13 - Buzzer 27
Figura 14 - Circuito eletrônico do buzzer com arduino 27
Figura 15 - Esquema do circuito eletrônico desenvolvido com utilização da plataforma Fritzing. 28
Figura 16 - Processo de montagem do projeto dentro das caixas. 29
Figura 17 - Termo Higrômetro Analógico Medidor de Umidade e Temperatura. 30
Figura 18 - Comparação entre os sistemas, (a) projeto (b) sistema convencional.. 33

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

HUOL - Hospital Universitário Onofre Lopes

IDE - Integrated Development Environment (Ambiente Integrado de Desenvolvimento)

USB - Universal Serial Bus (Barramento Serial Universal)

LCD - Liquid Crystal Display (Display de Cristal Líquido)

PWM - (Pulse Width Modulation)

ICSP - (In-circuit serial programming)

VDC - Volt corrente contínua

UR - Umidade Relativa

°C - Graus Celsius

Ω - Ohm unidade de resistência elétrica

LED - Diodo Emissor de Luz (Display de Cristal Líquido)

V - Volts

mW - Megawatt

LAN - Rede Local (Local Area Network)

cm - Centímetro

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre as plataformas arduino, raspberry pi e beagle bone. 17
Tabela 2 - Principais diferenças entre os sensores DHT11, DHT22. 24
Tabela 3 - Preço total e de cada componente do projeto 30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Implementação do algoritmo - Códigos. 31

MORAIS JUNIOR, Amauri Marcos Costa. **SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR – SIMTU-AR: Uma contribuição para a sala de máquinas da ressonância magnética do HUOL.** Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 37p., 2017.

RESUMO

Os equipamentos médico-hospitalares são de grande importância na área da saúde e são tecnologias utilizadas no diagnóstico de doenças e tratamento delas. Um dos equipamentos que deve ter mais atenção é a ressonância magnética e um fator decisivo em seu funcionamento normal é temperatura e umidade do ar. Para que a ressonância magnética se mantenha resfriada para a adequada realização dos seus exames, é preciso uma sala de máquina que contém grandes refrigeradores que fazem o resfriamento e a troca de calor da máquina, e por isso uma necessidade de monitoramento constante. Pensando nesta problemática foi necessário criar um dispositivo que monitora e alerta sobre possíveis alterações de temperatura e umidade relativa do ar nesta sala. Com a implantação desse sistema de monitoramento em tempo real se busca um resultado favorável na prevenção de possíveis problemas de grande magnitude com o equipamento da ressonância magnética. O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema eletrônico que possa fazer o monitoramento da temperatura e umidade do ar da sala de máquinas da ressonância magnética do HUOL, alertando através de som e luz quando a temperatura estiver acima ou abaixo do estabelecido como parâmetro pela equipe de engenharia. O desenvolvimento do projeto consistiu em quatro etapas principais: A construção do circuito eletrônico, elaboração do abrigo para os sensores e circuitos, implementação dos algoritmos e por fim comparação com sistema convencional de medida de temperatura e umidade relativa do ar. Através da metodologia usada neste trabalho tivemos como resultados: a construção do dispositivo e a evidência que comprova que o sistema é utilizável e válido via comparação de dados obtidos pelo sistema convencional e o sistema elaborado, que se mostraram iguais.

Palavras-chave: Equipamentos hospitalares. Temperatura e umidade relativa do ar. Sistema de Monitoramento.

MORAIS JUNIOR, Amauri Marcos Costa. **Monitoring system for temperature and air relative humidity - simtu-ar: a contribution to the machinery room of HUOL's magnetic resonance.** Conclusion Work Project, Biomedical Enginnering Bachelor Degree, Federal University of Rio Grande do Norte, 37p., 2017.

ABSTRACT

Medical and hospital equipment are of great importance in health care and are technologies used in the diagnose of diseases and their treatment. One of the equipment that should be monitored is the magnetic resonance and a decisive factor in its normal functioning is the temperature and air humidity. So that the magnetic resonance keep itself cooled to the adequate performance of its runs, it is necessary a machinery room that contains big refrigerators that cool the machine as well as heat transfer from it and for it a constant need of monitoring. Thinking about this problem, was necessary the creation of a device that monitors and alerts about possible temperature and relative humidity alterations in the room. With the implementation of this real-time monitoring system, the goal is a favorable result in the prevention of possible problems of great magnitude within the magnetic resonance equipment. The goal of this work is the development of a dynamic system that can operate de monitoring of room temperature and humidity of the air in the machinery room of HUOL, alerting through sound and light when the temperature is too high or low beyond the parameters stablished by the engineering team. The development of the project consisted in four main stages: The construction of the electronic circuit, elaboration of a shelter cage for the sensors and circuits, algorithm implementation and y the end comparison with the conventional system of measurements for heat and relative humidity of the air. Through the methodology used in this work was obtained as results: the construction of a device and the evidence that supports the fact that the system is usable and valid via comparison of the obtained data by the conventional system and the developed one, that shown to be equal.

Palavras-chave: Hospital equipment. Temperature and air relative humidity. Monitoring system

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentados o tema e o problema de pesquisa, a justificativa, objetivo geral e específicos, e pôr fim a estrutura do trabalho.

1.1. APRESENTAÇÃO DO TEMA E DO PROBLEMA

Os equipamentos médico-hospitalares são de grande importância na área da saúde, São tecnologias avançadas na área médica onde ajuda no diagnóstico de doenças e tratamento delas. Um dos equipamentos que mais devemos ter atenção nessa parte de temperatura e umidade do ar é a ressonância magnética, pois ela utiliza um forte campo magnético com isso precisando trabalhar com temperaturas baixas para que possa gerar esse grande campo magnético e através desse campo produzir imagens com grandes detalhes de órgãos internos e tecidos do corpo humano.

Assim, para que a ressonância magnética seja resfriada e mantenha sua temperatura adequada para a realização dos seus exames, ela precisa de uma sala de máquina onde nessa sala contém grandes refrigeradores que faz o resfriamento e a troca de calor da ressonância magnética, o monitoramento será feito dessas máquinas, pois se elas pararem de funcionar o resfriamento também para, e assim a ressonância magnética começa a aquecer, com isso ela pode parar de funcionar chegando ao uma possível quebra do equipamento, trazendo grandes prejuízos para o hospital e também para a sociedade, onde os exames terão que ser parados, remarcando os pacientes para outras datas, tendo em vista que muitos paciente são de outras cidades do estado, e na maioria das vezes são gastas verbas públicas no transporte desses pacientes para virem da sua cidade até o HUOL para realizar os exames, também com a paralisação do equipamento o diagnóstico de possíveis doenças é prejudicado e com isso demorando ainda mais o tratamento dessa doença, trazendo mais risco de vida ao paciente.

Assim, o trabalho visa o desenvolvimento de um sistema eletrônico que possa fazer o monitoramento da temperatura e umidade do ar da sala de máquinas da ressonância magmática do HUOL, alertando através de som e luz quando a temperatura estiver acima ou abaixo do estabelecido pelo engenheiro, assim possíveis problemas com

antecedência que possam ocorrer, utilizando sensores, LCD, microcontroladores e sistema ethernet onde o usuário ou técnico pode observar e analisar a temperatura e umidade do ar via monitor LCD ou pelo próprio computador estando conectado na mesma rede de internet local.

Com o monitoramento da temperatura e umidade do ar da sala de máquinas podemos analisar quando alguma máquina que faz o resfriamento está sem funcionar corretamente, pois quando uma máquina está sem funcionar a sala começa a aquecer assim sua temperatura e umidade começa a subir, com isso podemos através do sensor e monitoramento via LCD ou rede perceber quando alguma coisa está errada, quando a temperatura e umidade estiver fora dos padrões que foi estabelecido pelo engenheiro responsável o sistema alertará ao técnico, através de sinais sonoros e luzes indicativas de problemas.

1.2 JUSTIFICATIVA

O presente estudo justifica-se pela possibilidade de criar um sistema de monitoramento em tempo real se busca um resultado favorável na prevenção de possíveis problemas maiores com o equipamento da ressonância magnética, pois quanto antes à descoberta da variação da temperatura e umidade do ar da sala de máquina pode-se minimizar o prejuízo com a ressonância magnética, sabendo que sem o resfriamento adequado a máquina começa a esquentar e com isso chegando a ser danificada e o hospital tendo mais prejuízo, com essas agilidade no analise da sala de máquinas o técnico ou engenheiro responsável pode desligar o equipamento para não ter maiores problemas e resolver o problema do resfriamento na sala de máquinas com mais rapidez, trazendo mais economia e agilidade para o hospital. Por um menor custo no mercado, tendo em vista que vários sistemas de monitoramento têm preços relativamente altos, também temos como justificativa o atraso nos exames caso a ressonância magnética quebre, assim trazendo grandes prejuízos para os pacientes que necessitam do exame, assim também diminuindo o custo financeiro que muitos pacientes tem por se locomover de suas cidades até a capital para realizar o exame, ai se o equipamento estiver danificado esse paciente teve gastos desnecessários.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

Desenvolvimento de um sistema eletrônico que possa fazer o monitoramento da temperatura e umidade do ar da sala de máquinas da ressonância magmática do HUOL.

1.3.1 Específicos

Os objetivos específicos são:

- ✓ Fazer um estudo sobre os materiais e técnicas a serem utilizadas;
- ✓ Um dispositivo de análise de temperatura e umidade do ar.
- ✓ Avaliar o desempenho dos sistemas através da comparação com sistemas convencionais.

1.3. ESTRUTURA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em capítulos, sendo:

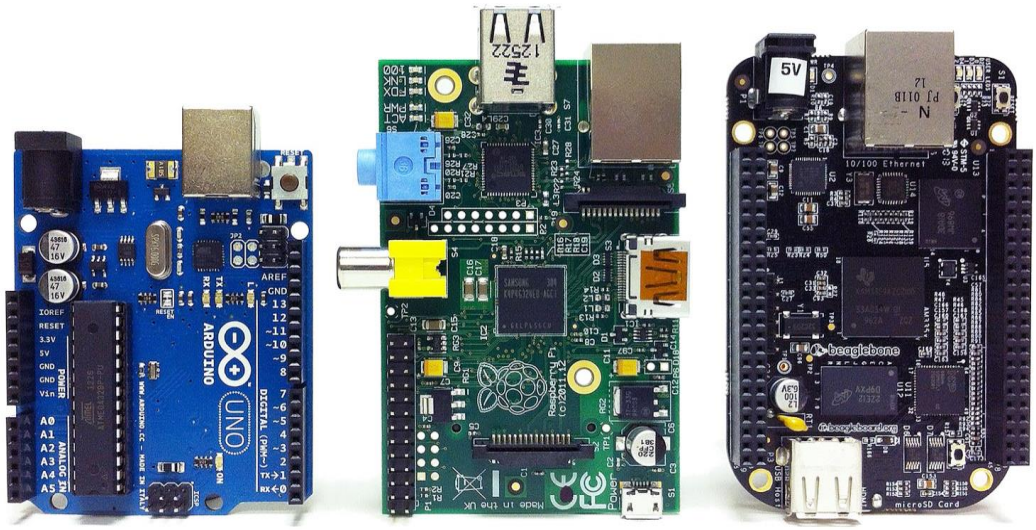
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capitulo será apresentado conceitos teóricos e empíricos acerca das plataformas de prototipagem eletrônica, plataforma Arduino, sensores de temperatura e umidade relativa do ar de baixo custo, monitor LCD, LED, BUZZER.

2.1. PLATAFORMAS DE PROTOTIPAGEM ELETRÔNICA

No mercado existem vários modelos de plataformas de prototipagem eletrônica, que podem nos ajudar no desenvolvimento de projeto eletrônico de baixo custo que atendam às necessidades. Mas existem aqueles que têm se destacados por conter software e hardware livres para o usuário. Em comparação com o custo, tamanho, fácil aquisição, e aplicação muito parecidas, iremos apresentar uma breve comparação entre as três principais plataformas mais utilizadas, Arduino, Raspberry pi e Beaglebone (figura 1).

Figura 1 - Plataformas de prototipagem eletrônica. (a) Arduino. (b) Raspberry Pi. (c) Beaglebone.



(a) (b) (c)

Fonte: MCM, (2017).

A tabela 1 mostra uma comparação entre as plataformas Arduino, Raspberry Pi e Beagle Bone, de suas características técnicas de software e hardware, e também o custo de cada plataforma. Essa comparação tem o intuito de mostrar as características de cada um e assim poder escolher o que o preço seja mais baixo e que atenda às nossas necessidades.

Tabela 1 – Comparação entre as plataformas Arduino, Raspberry pi e Beagle Bone.

Nome	**Arduino**	**Raspberry Pi**	**BeagleBone Black**
Modelo	Uno R3	Modelo B	Black
Preço	R$ 30,00	R$ 180,00	R$ 385,00
Processador	Atmega328	ARM11	ARM Cortex-A8
Velocidade de Clock	16 MHz	700 MHz	700 MHz
Tensão de Alimentação	5V a 12V	5V	5V
Corrente Mínima	42mA	700mA	170mA
Pinos GPIO	14	8	65
Entradas Analógicas	6	-	7
PWM	6	-	8
Interface de Desenvolvimento	Arduino	IDLE, Scratch, Squeak/Linux, Python	Scratch, Squeak, Linux, Python

Fonte: Adaptado de MCM, (2017).

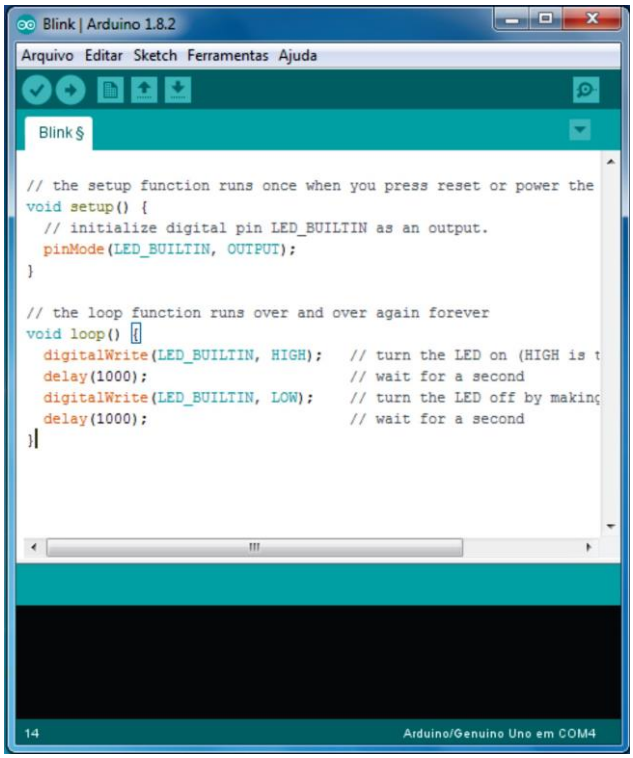
2.2. PLATAFORMA ARDUINO

O Arduino é uma plataforma onde é composta por software e hardware, onde o software é liberado para alterações de acordo com a necessidade do projeto. Ele utiliza na sua placa o microcontrolador ATMega168 que toma como referência da Atmel1 (MASSIMO et al., 2017) e um Ambiente Integrado de Desenvolvimento (IDE - Integrated Development Environment) utilizado para escrever o código na placa. No Arduino a

linguagem de programação utilizada é baseada em C/C++ e também oferece bibliotecas de programação para diversos projetos. O mais interessante é que o Arduino possibilita a transferência de firmware via USB.

O ambiente de desenvolvimento da programação do Arduino é composto de uma IDE, que foi criada em Java, onde é baseada no Processing e na linguagem do próprio Arduino, que por fim é proveniente do Wiring, que é baseada em C/C++ (KATO, 2010). A figura 2 representa esse ambiente, com um exemplo de código da própria biblioteca do Arduino, demonstrado também a sua linguagem de programação.

Figura 2 - Ambiente de desenvolvimento Arduino (IDE).



Fonte: Do autor, 2017.

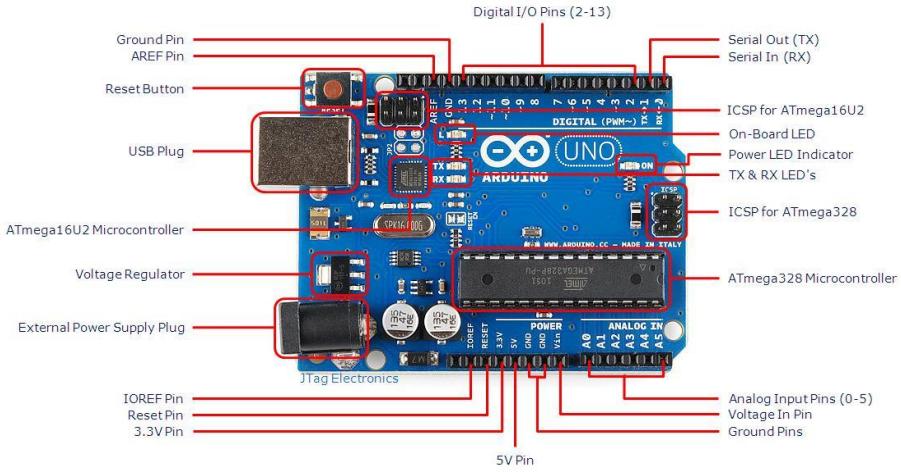
Com o Arduino podemos desenvolver os mais diversos projetos, em várias áreas das engenharias ou não, pois o Arduino tem a capacidade de receber dados de uma grande variedade de sensores, e também pode controlar outra variedade de dispositivos físicos de saída, como motores, luzes, buzinas entre outros. As placas podem ser adquiridas através de compras ou podem ser montadas à mão, podemos encontrar na Internet vários

métodos de como fazer o seu próprio Arduino. O ambiente de desenvolvimento pode ser baixado através do site do Arduino totalmente gratuito (ARDUINO, 2017a), nesse site também podemos encontrar diversos manuais, bibliotecas e exemplos de códigos e projetos.

No mercado existem diversas placas em distribuição. A placa Arduino Uno rev 3 (figura 3) é baseada no microcontrolador ATMEGA328, e mostrasse uma excelente placa para o desencadeamento do trabalho, tendo em vista que ela atende as necessidades e tem um custo bastante baixo.

Figura 3 - Arduino UNO rev. 3: (a) frente. (b) verso. (c) esquema.

(a) (b)



(c)

Fonte: Arduino, 2017b.

Segundo Arduino (2017b), a placa possui 14 pinos de input/output, dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM (Pulse Width Modulation), 6 entradas analógicas, um oscilador a cristal de 16MHz, uma porta USB (Universal Serial Bus), um conector

jack para alimentação, um leitor ICSP (In-circuit serial programming) e um botão de reset. A placa contém o necessário para utilizar o microcontrolador, bastando apenas conectá-la ao computador através do cabo USB ou através da alimentação em seu conector jack fazendo-se uso de uma fonte ou bateria.

2.3 SENSORES DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR DE BAIXO CUSTO.

Segundo (BASTOS, 2013), sensores são dispositivos que variam suas propriedades sob a ação de uma grandeza física, fornecendo um sinal que indica essa grandeza.

De acordo com (WENDLING, 2010), sensor é empregado para nomear dispositivos que sejam sensíveis à alguma forma de energia mecânica ou não do ambiente, relacionando as informações sobre uma grandeza física que precisa ser mensurada. Alguns sensores não possuem as características elétricas que são necessárias para ser utilizado em um determinado meio ou sistema. Geralmente o sinal de saída é modificado antes da sua leitura. Normalmente isso é feito em um circuito de interface para produção de um sinal pelo computador.

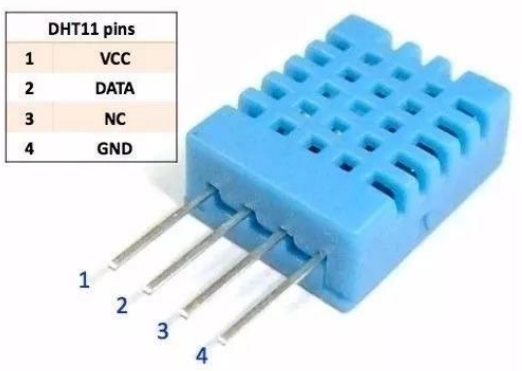
Existem dois tipos de característica básicas dos sensores, onde são nomeados de sensores analógicos e sensores digitais. No tipo de sensores analógicos esse tipo de sensor pode ao longo do tempo assumir qualquer valor de saída, estando dentro da sua faixa de amostragem e atuação. Os dados são medidos por elementos de circuitos eletrônicos sensíveis não digitais. Nesse tipo de sensor a sua saída é representada por uma escala de voltagem. Já o digital só pode representar dois valores de saída durante todo o seu funcionamento, que são representados como 0 (ZERO) ou 1 (UM), ou seja representa em funcionamento ou não. Ele não consegue nos mostrar a quantidade que está sendo medido por um circuito eletrônico.

Em seguida, iremos mostrar dois modelos de sensores de baixo custo para monitoramento de temperatura e umidade relativa do ar que podemos utilizar em nosso projeto.

2.3.1 DHT11

O DHT11 (figura 4) é um sensor de temperatura e umidade relativa do ar, sendo de fabricação norte americana e chinesa. Podemos adquirir tal sensor através de sites tanto brasileiros como internacionais. Encontramos diversos valores de preço para esse sensor, no Brasil encontramos com valores inferiores a 10 reais (R$).

Figura 4 - Sensor DHT11 pinos.



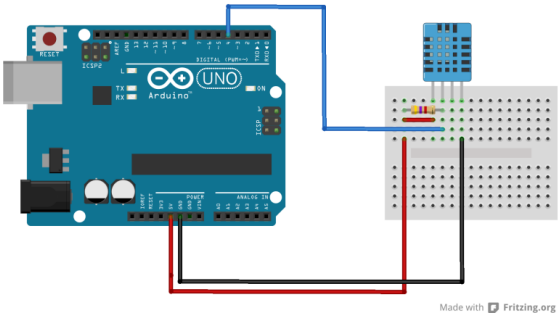
Fonte: Mercado Livre, 2017a.

O sensor tem seu funcionamento ativado com 3 a 5,5 VDC (Volts em Corrente Contínua), sendo recomendado pelo fabricante o uso dele em 5,5 VDC, tem sua escala de temperatura entre 0 a 50ºC e de 20-90% para a umidade relativa do ar (UR), apesar dessas características sua imprecisão é de ±2ºC para a temperatura do ar, e ±5% para a umidade relativa do ar.

O DHT11 contém 4 pinos que são chamados de terminais, mas no seu funcionamento é utilizado apenas 3 pinos, que são: o pino de alimentação (Vcc), pino de envio e o pino terra (GND - ground). Alguns fabricantes recomendam o uso de um resistor de pelo menos 5kohms (kΩ), no pino do sinal ao fazer a conexão do sensor ao microcontrolador, para que se tenha um melhor efeito de manutenção da calibração. Um resistor é um item elétrico que tem a capacidade de estabelecer um limite a corrente que possa ser maior que o esperado, podendo assim fazer o controle da corrente, diminuindo ela ou não, evitando uma possível queima do circuito.

Para ser utilizado o sensor com o Arduino, é preciso primeiramente fazer a conexão das portas do Arduino com os respectivos pinos do sensor. A figura 5 mostra um esquema onde o pino do sinal conectado à porta digital 4 do Arduino onde ele vai receber os devidos valores de temperatura e umidade relativa do ar:

Figura 5 - Circuito eletrônico do DHT11 com Arduino.

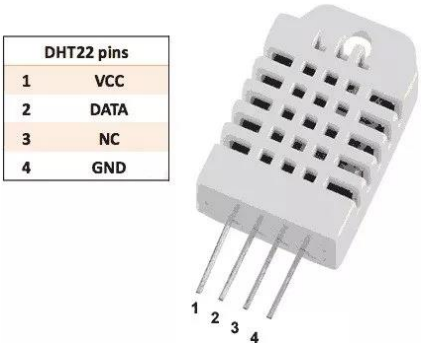


Fonte: Getmicros, 2017.

2.3.2 DHT22

O DHT22 (figura 6) é um sensor de temperatura e umidade relativa do ar, sendo de fabricação chinesa, portuguesa e tailandesa. Podemos adquirir tal sensor através de sites brasileiros e internacionais. Encontramos diversos valores de preço para esse sensor, no Brasil encontramos com valores inferiores a 30 reais (R$).

Figura 6 - Sensor DHT22 pinos.



Fonte: Mercado Livre, 2017b.

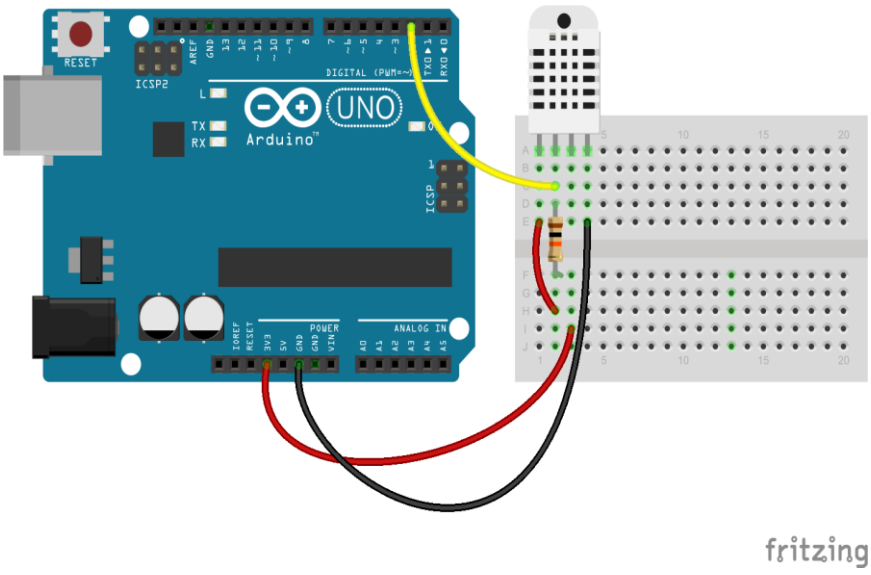
O sensor tem seu funcionamento ativado com 3 a 6 VDC (Volts em Corrente Contínua), tem sua escala de temperatura entre 40 a 80ºC e de 0-100% para a umidade relativa do ar (UR), apesar dessas características sua imprecisão é de ±0,2ºC na faixa de -20 a 60ºC para a temperatura do ar e para outras faixas de ±0,5ºC. Para a umidade relativa do ar possui incerteza de ±2%. (SPARKFUN, 2017).

O DHT22 contém 4 pinos que são chamados de terminais, mas no seu funcionamento é utilizado apenas 3 pinos, que são: o pino de alimentação (Vcc), pino de envio e o pino terra (GND - ground). Alguns fabricantes recomendam o uso de um resistor de pelo menos 10kohms (kΩ), no pino do sinal ao fazer a conexão do sensor ao microcontrolador, para que se tenha um melhor efeito de manutenção da calibração.

Um resistor é um item elétrico que tem a capacidade de estabelecer um limite a corrente que possa ser maior que o esperado, podendo assim fazer o controle da corrente, diminuindo ela ou não, evitando uma possível queima do circuito.

Para ser utilizado o sensor com o Arduino, é preciso primeiramente fazer a conexão das portas do Arduino com os respectivos pinos do sensor. A figura 7 mostra um esquema onde o pino do sinal conectado à porta digital 10 do Arduino onde ele vai receber os devidos valores de temperatura e umidade relativa do ar:

Figura 7 - Circuito eletrônico do DHT22 com Arduino.

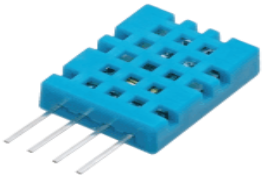


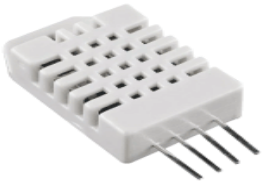
Fonte: fontenay, 2017a.

2.3.3 Comparação entre os sensores

Na tabela 2 iremos apresentar as principais diferenças entre os sensores DHT11, DHT22:

Tabela 2 - Principais diferenças entre os sensores DHT11, DHT22:





DHT11		DHT22
0 - 50°C / ± 2°C	*Temperature Range*	-40 - 125 °C / ± 0.5 °C
20 - 80% / ± 5%	*Humidity Range*	0 - 100 % / ± 2-5%
1Hz (one reading every second)	*Sampling Rate*	0.5 Hz (one reading every two seconds)
15.5mm x 12mm x 5.5mm	*Body Size*	15.1mm x 25mm x 7.7mm
3 - 5V	*Operating Voltage*	3 - 5V
2.5mA	*Max Current During Measuring*	2.5mA

Fonte: How, 2017.

2.4 MONITOR LCD

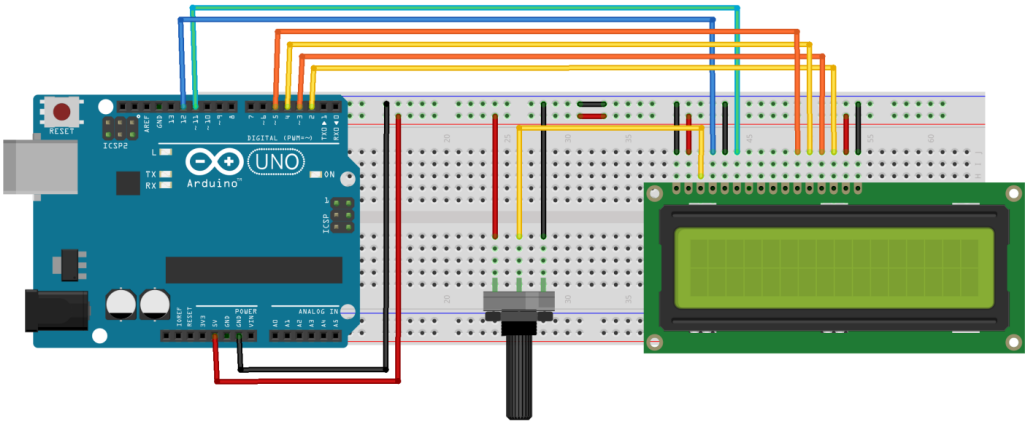
No mercado existem diversos tipos e modelo de monitores de LCD para o uso em projetos junto com o Arduino, iremos destacar neste trabalho o modelo LCD: 16 × 2 baseado em HD44780 (figura 8), pois atende as nossas necessidade e contém um custo bastante baixo, no Brasil podemos encontrar esse modelo por valores abaixo de 12 reais (R$) .

Figura 8 - LCD: 16 × 2 baseado em HD44780

Fonte: MercadoLivre, 2017c.

Para ser utilizado o LCD com o Arduino, é preciso primeiramente fazer a conexão das portas do Arduino com os respectivos pinos do LCD. A figura 9 mostra um esquema onde os pinos do LCD são ligados nas portas do Arduino, também mostra a utilização de um potenciômetro, onde o potenciômetro tem a função de um resistor que pode variar de acordo com uma chave giratória, assim controlando a corrente do circuito e a iluminação do LCD.

Figura 9 - Circuito eletrônico do LCD: 16 × 2 (a) com potenciômetro (b) e Arduino (c).



(a) (b) (c)

Fonte: lab, 2017.

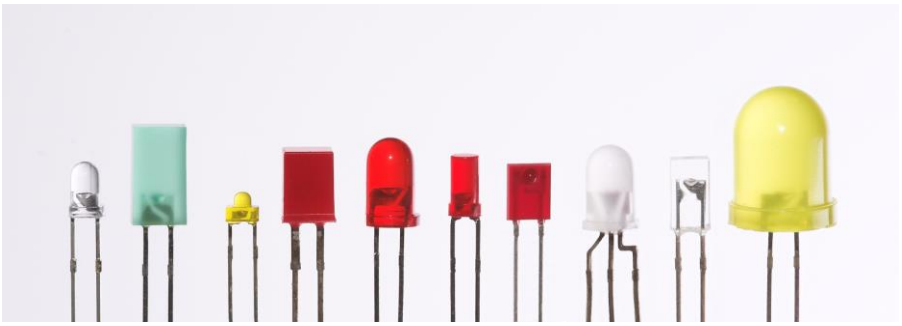
2.5 LED

O LED (Diodo emissor de luz), conhecido pela na linguagem inglesa como **L**ight **E**mitting **D**iode, é frequentemente utilizada para emissão de luz em instrumentos e locais onde se necessite de uma informação através uma lâmpada, constantemente utilizado em equipamentos microeletrônicos para sinalizar alguma aviso, seu tamanho pode ser bem variado, são bastante usados em painéis de LED, e ultimamente as luzes das casas e iluminação pública estão sendo trocadas por LEDs, assim ajudando significativamente na economia do consumo de eletricidade.

Normalmente os LEDs operam com tensão que varia entre 1.5 a 3.3V (volts), onde essa tensão depende do comprimento de onda que o LED emite, ou seja, de acordo com sua cor, os vermelhos têm seu funcionamento com 1.7V, os verdes entre 2.0V e 3.0V, os

amarelos com 1.7V ou 2.0V, os de cor azuis, violetas e ultravioleta é necessária uma tensão maior que 3V. A sua potência que permite o funcionamento está na faixa de 10 a 150 mW (Megawatt).

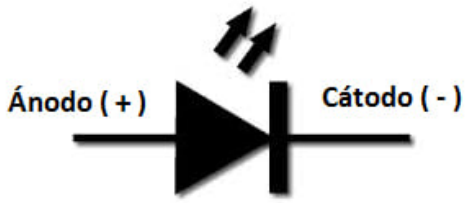
Figura 10 - Diferentes tipos de LEDs



Fonte: WI, 2017.

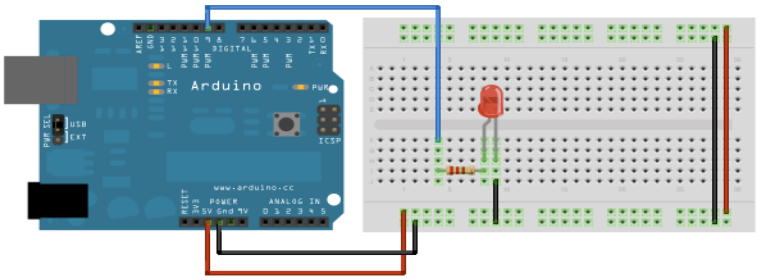
Na figura 11 mostra a simbologia de um LED, onde podemos encontrar essa simbologia em projetos e literaturas sobre o assunto.

Figura 11 - Simbologia de um LEDs



Fonte: Ofici, 2017.

Figura 12 - Circuito eletrônico do LED com arduino.



Fonte: Arduino, 2017c.

2.6 BUZZER

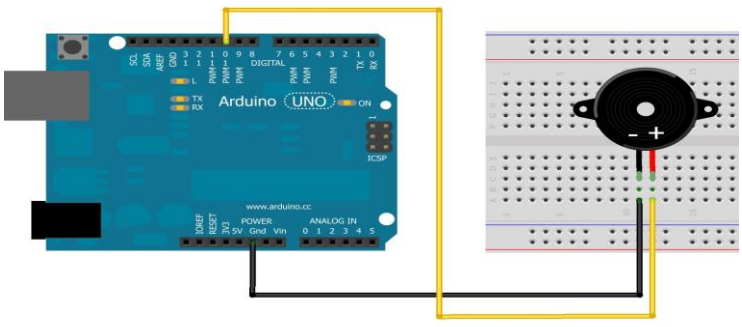
O Buzzer é conhecido como um transdutor piezoelétrico, a palavra piezo vem de origem grega onde significa pressionar, os piezos são elementos que utilizem os efeitos que chamamos de piezoelétrico. O termo piezoeletricidade é a capacidade que alguns materiais têm de gerar tensão elétrica a uma deformação sofrida por uma pressão mecânica. Por incrível que parece se for feito o contrário podemos modificar um material usando a tensão elétrica e o material transforma em energia mecânica, então com aplicação de tensão variável em um determinado matéria ele pode sofrer variação de sua forma, e se essa variação tiver uma frequência de oscilação variante podemos obter sons.

Em projetos com Arduino, os Buzzer são os mais utilizados, quando queremos que um alerta seja feito através de sons, podemos encontrar esses dispositivos em vários lugares, são bastante usados dentro dos computadores, aquele bips que o computador faz provavelmente são os Buzzer que está emitindo.

Figura 13 - Buzzer

Fonte: ArduinoCia, 2017a.

Figura 14 - Circuito eletrônico do Buzzer com Arduino.



Fonte: ArduinoCia, 2017b.

No próximo capitulo será apresentado os materiais e métodos para o desenvolvimento da pesquisa.

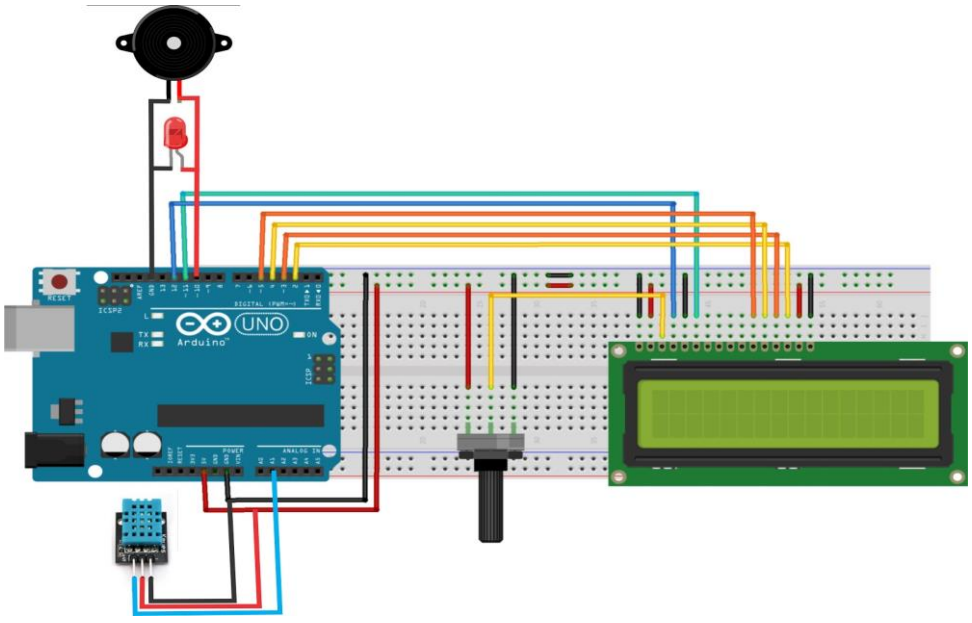
3. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do projeto consistiu em quatro etapas principais: 1 - construção do circuito eletrônico; 2 - elaboração do abrigo para os sensores e circuitos; 3 - implementação dos algoritmos; 4 - comparação com sistema convencional de medida de temperatura e umidade relativa do ar. A seguir iremos descrever cada etapa.

3.1 CONSTRUÇÃO DO CIRCUITO ELETRÔNICO

Na primeira etapa foi construído o circuito eletrônico na plataforma Fritzing e logo depois foi feito na prática, com utilização de um Arduino uno onde foi escolhido o Arduino pois atende as nossas necessidades e o seu preço é mais baixo comprado as outros microcontroladores, um sensor de temperatura e umidade relativa do ar DHT11 pois foi o que conseguimos compra com o menor preço de mercado, um potenciômetro, um LCD: 16 × 2 baseado em HD44780, um Buzzer e um LED. A conexão foi feita através da utilização de jumpers.

Figura 15 - Esquema do circuito eletrônico desenvolvido com utilização da plataforma Fritzing.



Fonte: Do autor, 2017.

3.2 ELABORAÇÃO DO ABRIGO DO CIRCUITO

Para o abrigo tanto do circuito quanto para o sensor, usamos caixas de passagem, que geralmente são utilizadas em atividades com cabos de internet e rede elétrica. Para o circuito usamos uma caixa de passagem de 4 X 4 (10cm x 10cm x 4cm) e fizemos alguns furos e cortes para encaixar os componentes eletrônicos, já para o sensor utilizamos uma caixa 2 X 2 (7cm x 7cm x 3,5cm) de tomada LAN (Local Área Network em português chamando LAN de rede local) como mostra a figura 15. A alimentação do nosso protótipo pode ser por uma fonte 9V, uma bateria 9V ou através de um cabo USB com um carregador UBS conectado ao cabo USB do Arduino.

Figura 16 -Processo de montagem do projeto dentro das caixas.

Fonte: Do autor, 2017.

O custo total para o desenvolvimento do projeto foi de 82,00 reais conforme demonstrado na tabela 3 a seguir

Tabela 3 - Preço total e de cada componente do projeto

Arduino	35,00
LED	1,00
Buzzer	4,00
Potenciômetro	2,00
LCD	12,00
DHT11	10,00
Jumper	9,00
Caixa 4x4	6,00
Caixa 2x2	3,00
TOTAL	**82,00**

Fonte: Do autor, 2017.

No mercado encontramos os medidores analógico de Umidade e Temperatura por um valor médio de 143,00 reais, o modelo que é usado no HUOL é esse mostrado na figura 16, nosso projeto se mostrou mais barato do que o modelo tradicional analógico usado no mercado, esse modelo não existe sinais de alerta quando a temperatura e umidade está fora dos padrões estabelecidos pelo engenheiro clínico.

Figura 17 - Termo Higrômetro Analógico Medidor de Umidade e Temperatura.

Fonte: Extra, 2017.

3.3 IMPLEMENTAÇÃO DOS ALGORITMOS

Com o circuito pronto e já desenvolvido todos os passos anteriores, conectamos o cabo USB no Arduino e no computador, para o reconhecimento da porta do Arduino, começamos a implementação do código. O código foi desenvolvido na plataforma do Arduino na linguagem em C/C++ em um computador de uso pessoal com processador de Core 2 Duol, memória RAM de 3 gigabyte (GB). O código desenvolvido está sendo mostrado no quadro 1.

Quadro 1 – Implementação do algoritmo - Códigos

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <dht.h>
#define dht_dpin A1
const int buzzer = 10;
int i =0;
float t = 0;
float u = 0;

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
dht DHT;

int portSpeak(10);
int melodia[] = {660,660,660,510,660,770};
int duracaodasnotas[] = {100,100,100,100,100,100};

void setup() {
 lcd.begin(16,2);
 pinMode(buzzer,OUTPUT);
 tone(buzzer,1000);
 delay(500);
 noTone(buzzer);
 delay(500);

      for (int nota = 0; nota < 6; nota++) {
           int duracaodanota = duracaodasnotas[nota];
           tone(portSpeak, melodia[nota],duracaodanota);
           int pausadepoisdasnotas[]
={150,300,300,100,300,550,575,450,400,500,300,330,150,300,200,200,150,300,150,350,300,150,150,
500,450,400,500,300,330,150,300,200,200,150,300,150,350,300,150,150,500,300,100,150,150,300,30
0,150,150,300,150,100,220,300,100,150,150,300,300,300,150,300,300,300,100,150,150,300,300,150,
150,300,150,100,420,450,420,360,300,300,150,300,300,100,150,150,300,300,150,150,300,150,100,22
0,300,100,150,150,300,300,300,150,300,300,300,100,150,150,300,300,150,150,300,150,100,420,450,
420,360,300,300,150,300,150,300,350,150,350,150,300,150,600,150,300,350,150,150,550,325,600,15
0,300,350,150,350,150,300,150,600,150,300,300,100,300,550,575};
           delay(pausadepoisdasnotas[nota]);}
           noTone(portSpeak);

}
void loop() {
 DHT.read11(dht_dpin);
 float te = DHT.temperature;
```

```
 float um = DHT.humidity;

 for (i =0; i <= 2000; i++){
    float t = te + t;
    float u = um + u;
    if( i == 1999){
     u = u/2000;
     t = t/2000;

if(t > 1 || u > 22){
delay(1000);
 lcd.setCursor(0,0);
 lcd.print("Temp.: ");
 lcd.print(t);
 lcd.print(" C");
 lcd.setCursor(0,1);
 lcd.print("Umid.: ");
 lcd.print(u+19);
 lcd.print(" %");
 delay(2000);
 }

if(t == 0 || u == 19){
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("--Desconectado--");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("CONECTE O SENSOR ");
delay(2000);
}

if(t > 26 || u > 80){
  tone(buzzer,1000);
  delay(1500);
  noTone(buzzer);
 }

  if(t < 16 && t > 1 ){
  tone(buzzer,1500);
  delay(1500);
  noTone(buzzer);
 } }  } }
```

Fonte: Do autor.

3.4 COMPARAÇÃO DOS SISTEMA CONVENCIONAL COM O NOSSO DISPOSITIVO

Para poder validar nosso sistema temos que comparar com um sistema convencional, para ver se os dados obtidos pelo nosso projeto são iguais ou aproximados com o valor do sistema convencional. Mas primeiro, fizemos alguns testes com o nosso dispositivo, fizemos testes de variação de temperatura e umidade do ar, colocamos o

nosso dispositivo dentro de uma geleia, para que a temperatura e umidade relativa do ar pudesse passar do limite inferior estabelecido, que é de 16ºC e com isso o alerta disparou, e quando tiramos da geladeira a temperatura começou a aumentar, e quando ela passou dos 26ºC o alarme também disparou. Logo depois colocamos o sensor dentro da sala de máquinas para comparar com o sistema convencional, e com isso verificamos que os dados do nosso sistema se manteve igual ao sistema convencional como mostra a figura 18.

Figura 18 - Comparação entre os sistemas, (a) nosso projeto (b) sistema convencional.

Fonte: Do autor, 2017.

No próximo capitulo serão apresentados os resultados e discussões.

4. RESULTADOS

Através da metodologia utilizada neste trabalho, a construção do dispositivo que tem como função o monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar da sala de máquinas da ressonância magnética do HUOL, que alerta através de som e iluminação se a temperatura ou umidade estiver fora dos padrões estabelecidos pelo engenheiro. Também tivemos como resultado a comparação dos dados entre o nosso dispositivo e o dispositivo convencional utilizado atualmente no HUOL, nosso sistema se mostrou utilizável é válido pois os dados obtidos são iguais aos dados do sistema convencional.

Mesmo usando o sensor DHT11 que pode ter variação de $\pm 2^{o}C$, o dispositivo se mostrou calibrado apresentando valores iguais ou parecidos com o dispositivo convencional, estamos aguardando a chegada do DHT22 para fazer testes com o mesmo, já que ele apresenta uma margem de erro bem menor que o DHT11.

Com esse dispositivo o HUOL ganhou mais segurança na prevenção em possíveis problemas com a ressonância magnética em relação ao seu resfriamento, o produto (SIMTU-AR) sai a um custo bastante baixo, podendo ser vendido no mercado, e conseguindo competir com os dispositivos convencionais já existentes. Uma das vantagens do SIMTU-AR é que sua alimentação pode ser tanto através de baterias como por carregadores, assim facilitando muito a sua localização dentro da sala, ele é leve e tem um designer agradável para qualquer ambiente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo geral do estudo, ou seja, desenvolvimento de um sistema eletrônico que possa fazer o monitoramento da temperatura e umidade do ar da sala de máquinas da ressonância magnética do HUOL, faz-se necessário alinhar os aspectos mais marcantes.

O presente estudo propôs o desenvolvimento e validação de sistemas de monitoramento de baixo custo de temperatura e umidade relativa do ar, que alerte aos técnico e engenheiros, quando tiver alguma atividade fora dos padrões na temperatura e umidade do ar na sala de máquinas da ressonância magnética do HUOL, que seja de baixo custo.

Para poder chegar ao produto final, foi realizado estudos sobre os materiais e técnicas a serem utilizadas realizando uma revisão bibliográfica de cada componente do produto. Logo em seguida começamos a construir o produto com base nas teorias absorvidas pelo tópico anterior, ao fim dessa etapa foi avaliado o desempenho do sistemas através da comparação com sistemas convencionais, onde ele mostrou ser eficiente na análise da temperatura e umidade relativa do ar.

O estudo nos mostra que podemos desenvolver um sistema de monitoramento de temperatura e umidade do ar de baixo custo, assim trazendo mais economia para o consumidor, foi importante o desenvolvimento desse projeto pelo fato que há necessidade desse monitoramento e alerta, pois o equipamento de ressonância magnética necessita de refinamento se a sala de máquina tiver algum problema, o equipamento de ressonância magnética pode ser afetado, e assim chegando a ser danificado, trazendo grandes prejuízos para o hospital e para a sociedade que precisa fazer exames no equipamento.

Através desse dispositivo criado por nós, outras pesquisas podem ser realizadas, pesquisas onde seja necessário o uso de um sistema que monitore a temperatura e umidade relativa do ar, também pode ser usada para o monitoramento de incubadoras neonatais e bancos de sangue por exemplo. Esse trabalho se mostra um projeto para atender várias áreas, é um trabalho que traz grande valor acadêmico para a UFRN.

Para trabalhos futuros podem ser realizado testes com outros sensores para comprara a qual melhor se adequa ao sistema hospitalar, pode ser realizado estudo de

comparação de eficiência versus preço, se realmente é necessário um sensor com alta precisão nesse sistema hospitalar. Pode ser implementando em outros estudos alerta por comando de voz, onde o sistema fala quando a algum problema, um compromete que salve os dados e o usuário possa fazer um estudo através de gráficos sobre a temperatura e umidade relativo do ar durante o dia todo, e também pode ser implementado uma conexão via internet onde os alertas são enviados para o celular dos técnicos e engenheiro.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Software**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>. Acesso em: 10 mar. 2017a.

ARDUINO. **Arduino uno rev3**. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. Acesso em: 10 mar. 2017b.

ARDUINO. **Fade**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/tutorial/fade>. Acesso em: 14 maio. 2017c.

ARDUINOCIA. **Buzzer** . Disponível em: <http://www.arduinoecia.com.br/2013/06/sons-no-arduino.html>. Acesso em: 1 junho. 2017a.

ARDUINOCIA. **Buzzer** . Disponível em: <http://www.arduinoecia.com.br/2013/06/sons-no-arduino.html>. Acesso em: 1 junho. 2017b.

BASTOS, A. **Instrumentação Eletrônica Analógica e Digital para Telecomunicações**. Rio de Janeiro, 3ª edição - 2013.

EXTRA. **Termo Higrômetro Analógico Medidor de Umidade e Temperatura** . Disponível em: <http://www.extra.com.br/Ferramentas/ferramentasdemedicao/termometro/Termo-Higrometro-Analogico-Medidor-de-Umidade-e-Temperatura-com-Fio-Bimetalico-Incoterm-7416948.html?recsource=wproddisp&rectype=w8>. Acesso em: 2 junho. 2017.

FONTENAY. **Wi-Fi temperature and humidity sensor – Arduino / DHT22 / ESP8266 / LCD**. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/products/10167>. Acesso em: 11 maio. 2017a.

GETMICROS. **Arduino and DHT11 sensor example**. Disponível em: <http://www.getmicros.net/arduino-dht11-sensor-example.php>. Acesso em: 10 abril. 2017.

HOW. **DHT11 & DHT22 Sensors Temperature and Humidity Tutorial using Arduino / DHT22 / ESP8266 / LCD**. Disponível em: <http://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/dht11-dht22-sensors-temperature-and-humidity-tutorial-using-arduino/>. Acesso em: 16 maio. 2017.

LAB. **Tutorial LCD com Arduino.** Disponível em: <http://labdegaragem.com/profiles/blogs/tutorial-lcd-com-arduino>. Acesso em: 20 abril. 2017.

MCM. **Arduino Uno vs Raspberry Pi vs BeagleBone Black**. 2013 Disponível em: <http://blog.mcmelectronics.com/post/Arduino-Uno-Raspberry-Pi-and-BeagleBone-Black#.WTxLZJLyt1u>. Acesso em: 10 mar. 2017.

MASSIMO, B.; CUARTIELLES, D. **Arduino**. Disponível em: <http://www.arduino.cc/>. Acesso em: 10 mar. 2017.

WENDLING. **Sensores.** Disponível em: <http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>. Acesso em: 17 abril. 2017.

MERCADOLIVRE. **dht11.** Disponível em: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-827894088-sensor-de-umidade-temperatura-dht11-pronta-entrega--_JM?source=gps>. Acesso em: 10 abril. 2017a.

MERCADOLIVRE. **dht11.** Disponível em: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-718282053-dht22-sensor-de-temperatura-umidade-am2302-p-arduino-_JM>. Acesso em: 10 abril. 2017b.

MERCADOLIVRE. **Display Lcd 16x2 1602 Com Back Verde Para Pic Atmel Arduino.** Disponível em: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-718439717-display-lcd-16x2-1602-com-back-verde-para-pic-atmel-arduino-_JM>. Acesso em: 20 abril. 2017c.

Ofice. **Simbologia do diodo.** Disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/post/14953-aula-4-corrente-tensao-resistor-e-diodo-emissor-de-luz>. Acesso em: 13 maio. 2017.

SPARKFUN. **Humidity and Temperature Sensor**. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/products/10167>. Acesso em: 11 maio. 2017.

WI. **Diodo emissor de luz.** Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo_emissor_de_luz>. Acesso em: 13 maio. 2017.