

O USO DA PLATAFORMA ARDUINO PARA CONTROLE DE TEMPERATURA NO ARMAZENAMENTO DE MEDICAMENTOS NOS HOSPITAIS PÚBLICOS MUNICIPAIS – INSTRUMENTO DE INCENTIVO À ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA REGIONAL

Data de submissão: 18/04/2023

Data de aceite: 02/05/2023

Daniel Moraes Santos

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Teófilo Otoni – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/2800973010325998>

Rafael Alvarenga Almeida

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Teófilo Otoni – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/8152873933826249>

Marvin Oliveira

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Teófilo Otoni – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/2083276284216483>

desenvolvido um dispositivo com a função de atender essa demanda, utilizando sensores de temperatura interligados a uma placa de Arduino Uno. O dispositivo é programado para controlar precisamente a temperatura de um determinado ambiente através deste sensor, mostrando a temperatura que o ambiente se encontra e alertando quando há variações que podem afetar os processos. O dispositivo também guarda essas informações para que seja possível traçar um gráfico em função da temperatura e do tempo. Com isso, podemos aplicar esse dispositivo em hospitais públicos municipais nas salas de armazenamento de medicamentos onde há a necessidade de temperaturas específicas para que evitar a perda de materiais e consequentemente diminuir o gasto de verba pública gasta com estas questões.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura, Arduino, Monitorar, Armazenamento.

RESUMO: A temperatura é um parâmetro extremamente importante em hospitais, onde ocorrem diversos eventos químicos e biológicos, uma vez que a sua variação pode alterar por completo a forma que as moléculas, células e substâncias interagem umas com as outras. Sendo assim, é muito pertinente a construção de um aparelho que possa monitorar constantemente a temperatura do ambiente onde ocorre esses processos e guardar estas informações. Pensando nisso, no presente trabalho foi

THE USE OF THE ARDUINO PLATFORM FOR TEMPERATURE CONTROL IN THE STORAGE OF MEDICINES IN MUNICIPAL PUBLIC HOSPITALS - INSTRUMENT TO INCENTIVE THE REGIONAL PUBLIC ADMINISTRATION

ABSTRACT: Temperature is an extremely important parameter in hospitals, where several chemical and biological events occur, since its variation can completely change the way molecules, cells and substances interact with each other. Therefore, it is very pertinent to build a device that can constantly monitor the temperature of the environment where these processes occur and store this information. Thinking about it, in the present work a device was developed with the function of meeting this demand, using temperature sensors interconnected to an Arduino Uno board. The device is programmed to precisely control the temperature of a certain environment through this sensor, showing the temperature of the environment and alerting when there are variations that can affect the processes. The device also stores this information so that it is possible to plot a graph as a function of temperature and time. With this, we can apply this device in municipal public hospitals in medicine storage rooms where there is a need for specific temperatures to avoid the loss of materials and consequently reduce the expenditure of public funds spent on these issues.

KEYWORDS: Temperature, Arduino, Monitor, Storage.

1 | INTRODUÇÃO

A Administração Pública pode ser compreendida como um composto de órgãos e operários que são responsáveis por determinar e executar as diretrizes fundamentais ao bem-estar da população e das ações necessárias à gestão pública, onde os recursos fornecidos também são públicos. A evolução da administração pública é um constante processo de melhoria dos serviços prestados pelo Estado à população. (SILVA, 2013)

Meirelles (1985), define administração pública como todo aparelhamento do Estado, preordenado à realização de seus serviços, visando a satisfação das necessidades coletivas.

Segundo Bachtold (2012) existe uma administração pública em todos os países do planeta, independente da sua forma de governo e organização política. É ela que possibilita os governantes executar necessidades do governo, zelando do bem público. Na Administração Pública envolve organização, planejamento, direção e supervisão dos serviços públicos, sempre visando o bem comum e segundo as diretrizes do direito e da moral.

No Art. 37, da emenda constitucional nº 19 da Constituição Federal, assenta que a administração pública direta, indireta, ou fundacional de quaisquer poderes da união, obedecerá princípios da legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência.

Para um melhor alcance e organização, a administração pública é exercida em cada um dos 3 níveis, sendo eles Federal, Estadual e Municipal. Para cada um desses, há competências gerais e específicas.

A administração pública municipal abrange os poderes executivo e judiciário,

sendo estes representados pela prefeitura e câmara dos deputados, respectivamente. A administração municipal envolve órgãos e pessoas jurídicas aos quais a lei atribuiu o exercício da função administrativa do Município. Envolve também a gestão de bens e interesses da comunidade, no contexto municipal, de forma a prestar serviços de interesse da população local. (ZMITROWICZ; BISCARO; MARINS, 2013)

O poder público municipal possui um papel importante na administração dos hospitais públicos municipais, ele é responsável por garantir os serviços de atenção básica à saúde e prestar serviços no local, em parceria com os governos estadual e federal. (GOVBR, 2014)

As prefeituras são responsáveis por criar políticas de saúde, de forma a colaborar com as políticas nacionais e estaduais, aplicando recursos próprios que serão repassados pela União e pelo Estado. Os municípios possuem o dever de organizar e controlar os laboratórios e hemocentros, assim como os serviços de saúde da cidade também são administrados pelos municípios, mesmo que sejam mais complexos. (GOVBR, 2014)

O município é o principal responsável pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Os governos estadual e federal são parceiros na gestão municipal de saúde, mas é o prefeito que possui a responsabilidade de conceder ações e serviços a comunidade local, por intermédio do departamento e secretaria de saúde. (DUARTE, 2014)

Os hospitais públicos municipais possuem laboratórios, centros de armazenamento, farmácias e hemocentros. Estes locais utilizam substâncias químicas como medicamentos, vacinas e biológicas como sangue para suas atividades cotidianas. O Ministério da Saúde recomenda que essas substâncias não sofram drásticas variações de temperatura, para que não sejam alteradas suas propriedades e perda de material. (MESSANO, 2010)

A temperatura é a variável ambiental diretamente responsável pela maior parcela de alterações e degradação em medicamentos termolábeis¹ e imunobiológicos². (SENSOR WEB, 2014)

Os medicamentos imunobiológicos, como vacinas e soros, devem ser mantidos refrigerados a temperaturas de 8°C a 15°C, para manter a efetividade de seu uso. Assim como o sangue, que deve ser mantido a temperaturas entre 2°C e 6°C para que seus componentes não sofram danos bioquímicos e contaminação microbiana. (MESSANO, 2010)

Nos hospitais a temperatura é uma das variáveis que mais devem ser observadas e monitoradas nos processos hospitalares devido a sua importância para uma melhor gestão e qualidade dos produtos, e quando é negligenciada traz inúmeros prejuízos e danos para o governo. (SENSOR WEB, 2014)

Aproximadamente 1 bilhão de reais vai para o lixo anualmente com desperdício de medicamento no Brasil. Esse número corresponde a 20% dos remédios comprados, com

1 Medicamentos termolábeis são medicamentos que quando exposto por um breve período a condições de temperatura desapropriadas, podem sofrer alterações irreversíveis levando a perda de eficácia. (HPRA, 2011)

2 Medicamentos imunobiológicos são produtos que contém moléculas com atividade biológica conhecida, que quando inoculadas são capazes de induzir imunidade específica ativa. Ex: vacinas. (LEAL, 2017)

dinheiro público e de instituições privadas. A causa dos desperdícios desses medicamentos se dá na maioria das vezes por fatores que podem ser evitados, como o armazenamento incorreto dos medicamentos e controle de estoque. (SENSOR WEB, 2014)

Dessa forma vê-se a necessidade de um sistema que meça a temperatura dos refrigeradores que abrigam os medicamentos e emita um alerta quando ocorrer oscilações fora do desejado, para que tomem medidas cabíveis para o seu reajuste. Pensando nisso o objetivo deste trabalho é montar um protótipo de monitoramento de temperatura que armazena esses dados com o intuito de possibilitar um maior conhecimento sobre as variações de temperatura e o horário em que elas ocorrem, para que possibilite conhecer o fator que levou a essa variação.

Atualmente existem meios fáceis e baratos de fazê-lo, e aderimos a um Arduino, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica, baseada em software e hardware livres, onde pessoas sem conhecimento avançado na área de programação consegue desenvolver algo.

Para montar o projeto foi utilizado um sensor. O sensor utilizado foi o LM35 que é um sensor de temperatura preciso, de baixo custo, que mede temperatura em graus Celsius. Ele tem sua faixa de medição variando entre -55°C a 150°C com uma precisão de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

De acordo com o Ministério da Saúde, o local de armazenamento dos medicamentos deve manter uma temperatura constante, por volta de 20°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$), e para medicamentos termolábeis de 2°C a 8°C em refrigeradores, portanto nosso protótipo trabalhará com a temperatura ideal variando entre 18°C e 22°C e alertando quando o ambiente sair dessa temperatura.

2 | METODOLOGIA

Neste projeto foi utilizado o software *Integrated Development Environment* (IDE) do Arduino. De acordo com McRoberts (2011) “um Arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele”. Neste software existe uma área para a escrita do código, onde utiliza-se a linguagem C. Para fazer o download do IDE do Arduino basta acessar a página de download em seu computador e obter a versão compatível com o seu sistema operacional. Após a instalação do programa parte-se para a montagem do circuito e escrita do código.

Os materiais utilizados neste projeto foram:

- 1 multímetro digital
- 1 protoboard
- 1 Arduino UNO
- 1 display LCD 16x2 THD 162A
- 1 Sensor de temperatura LM35 DZ

- 1 Potenciômetro 10k Ω
- 11 Fios Jumper 10 cm
- 12 Fios Jumper 20 cm
- 1 LED vermelho
- 1 resistores de 300 Ω

Para desenvolver o projeto foram verificados todos os componentes eletrônicos com um multímetro digital, para averiguar o correto funcionamento dos elementos. Em seguida, foram conectados na protoboard todos os componentes, o display LCD, o potenciômetro, o sensor de temperatura, o Led, o resistor e os fios jumpers. O esquema da Figura 1 representa como foram feitas essas conexões.

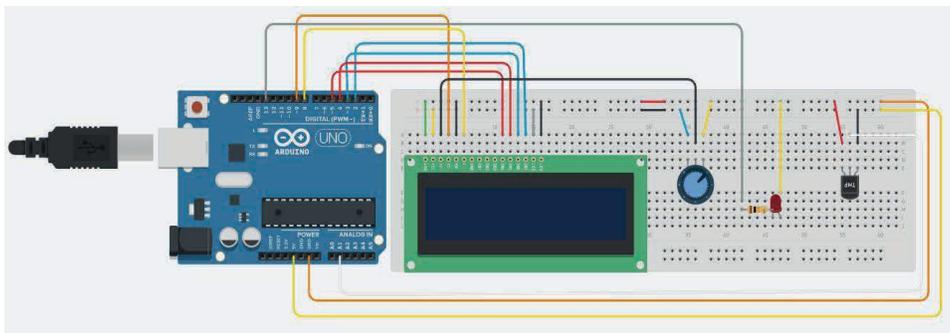


Figura 1 – Esquema do projeto

Fonte: Próprio autor.

Para conectar os componentes na protoboard se fez necessário o conhecimento de alguns detalhes técnicos, começando pela conexão do display LCD THD 162A. o display possui 16 pinos de entrada, dos quais usamos 12 neste projeto. No Quadro 1 vemos o número do pino, sua função e o tipo de ligação. que ocorre entre o LCD e o Arduino.

Pino LCD	Função	Ligação
1	Tensão terra (alimentação negativa)	GND (terra)
2	+5V (fornecimento positivo de voltagem)	5V
3	Tensão de contraste (alimentação negativa)	Pino central do potenciômetro
4	Registro	Porta 9
5	Leitura/escrita	GND
6	Habilitar	Porta 8
7	Bit 0	Não conectado
8	Bit 1	Não conectado
9	Bit 2	Não conectado

10	Bit 3	Não conectado
11	Bit 4	Porta 5
12	Bit 5	Porta 4
13	Bit 6	Porta 3
14	Bit 7	Porta 2
15	+5V (fornecimento positivo de voltagem)	5V
16	Tensão de contraste (alimentação negativa)	GND

Quadro 1 – Conexões do LCD

Fonte: THOMSEN, 2011.

Após as ligações do LCD, partiu-se para o estudo do sensor LM35. A perna esquerda do sensor é o +5V e foi conectado ao 5V do Arduino. A perna central foi conectada ao analógico A1 do Arduino e a perna direita é o GND e foi conectada ao GND do Arduino.

O potenciômetro foi conectado a protoboard e ao Arduino da seguinte maneira: o pino esquerdo foi conectado ao 5V do Arduino, enquanto o central foi conectado ao pino 3 do LCD e por fim o pino direito foi conectado ao GND.

Após todas as conexões realizadas, partiu-se para a elaboração do código programador, no software IDE, após finalizado o código foi compilado e observado se funcionou corretamente.

Para armazenar os valores de temperatura lidos pelo sensor foi utilizado o software Processing e através dele foi possível converter os dados lidos em um arquivo de texto para ser observados e trabalhados posteriormente, se necessário.

Esses dados são armazenados para que caso venha a ocorrer oscilações durante um período em que não tenha ninguém observando, possa servir de recurso para analisar o horário em que ocorreu e a temperatura que alcançou.

O arquivo de texto é criado automaticamente ao fim das leituras na pasta do Processing. A figura 2 mostra os programas utilizados e um arquivo de texto criado após os testes iniciais.

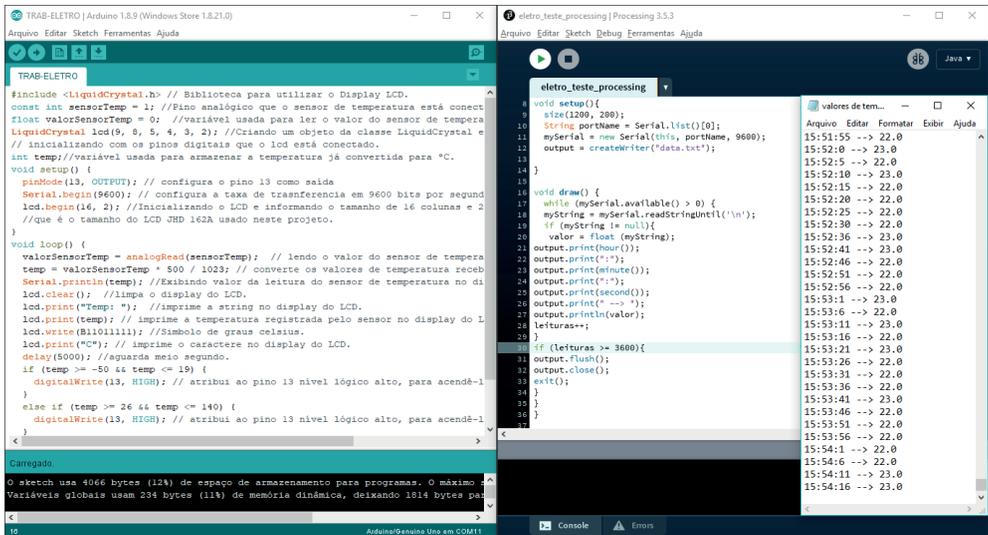


Figura 2 – Softwares em funcionamento

Fonte: Próprio autor

O teste final foi feito no Laboratório de Matemática (LEM), onde foi compilado o código do Arduino IDE e do Processing, onde os dados lidos pelo sensor LM35 foram armazenados em um arquivo de texto.

Após 5 horas, obtivemos um total de 3600 leituras de temperatura. Neste intervalo foi propositalmente gerado diversos tipos de situações para que ocorressem variações significativas de temperatura, simulando assim possíveis casos reais e comportamento do protótipo quanto a precisão necessária.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sensor de temperatura e código compilado funcionaram conforme o esperado. Na Figura 3 é possível ver o sensor funcionando e apontando a temperatura do ambiente que foi feito todo o procedimento de montagem e teste.

Após todo o procedimento descrito na metodologia, o sensor de temperatura ficou como mostra a Figura 3. Quando a temperatura está dentro do intervalo $18 < ^\circ\text{C} < 22$ que é o adequado para as salas de armazenamento dos medicamentos, a luz vermelha se apaga, enquanto quando está fora deste intervalo, a luz vermelha se acende como sinal de alerta, como é possível observar na Figura 3, onde o LED aponta 27°C .

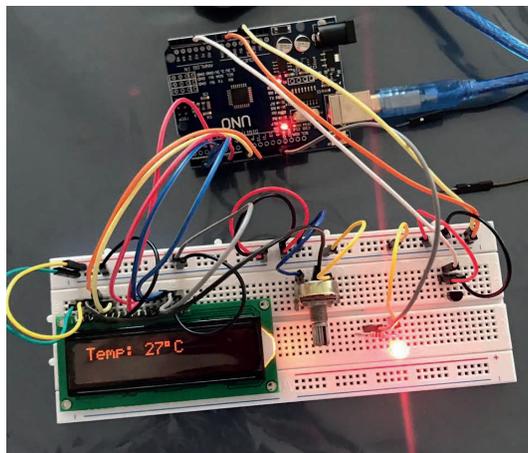


Figura 3 - Sensor funcionando e apontando a temperatura do ambiente

Fonte: Próprio autor

Esse sistema lê a temperatura de 5 em 5 segundos no ambiente em que está instalado e armazena estas informações em um arquivo de texto, salvando assim os valores da temperatura ao decorrer do tempo. Com esses dados foi possível traçar um gráfico em função da temperatura e do tempo, onde foi observado os pontos de dispersão e quando ele ocorreu, tendo assim um maior controle da temperatura do local.

É importante ressaltar que os testes feitos no Arduino foram em uma sala com temperatura ambiente no Laboratório de Ensino de Matemática na UFVJM, uma vez que não foi possível acessar as salas do hospital de fato, por falta de autorização.

No teste final utilizou-se um intervalo de 20°C à 25°C e foram obtidos 3600 valores de temperatura, que foram lidos em um período total de 5 horas. Durante o teste foi simulado variações de temperatura propositais, para observarmos pontos máximos e mínimos no gráfico, que representam os picos de temperatura e assim observar o funcionamento do sensor nessas situações.

O Gráfico 1 mostra os dados obtidos, onde para melhor visualização foi reduzido a um período de tempo onde observa-se maiores variações de temperatura.

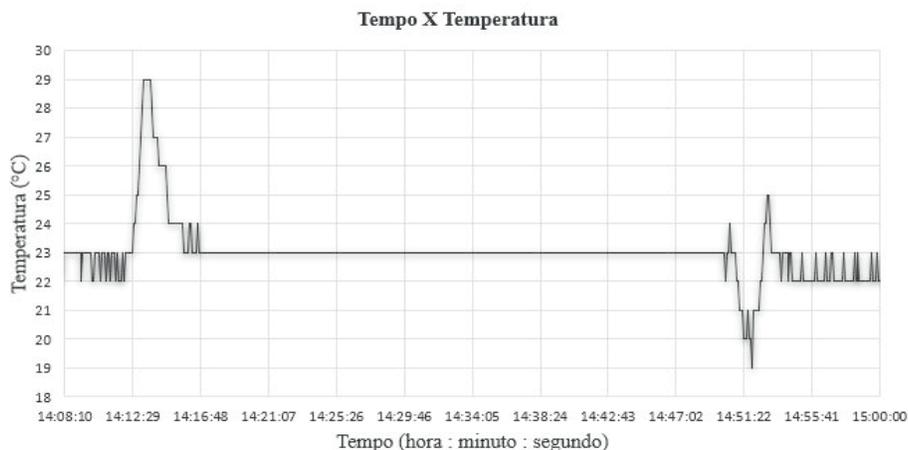


Gráfico 1 - Gráfico do teste de monitoramento da temperatura de um ambiente

Fonte: Próprio autor.

O preço total para reproduzir esse projeto é de aproximadamente R\$ 135,00 e é detalhado no Quadro 2. Os preços foram calculados com base nos valores de sites online.

Quantidade	Material	Preço (R\$/un)	Preço total (R\$)
1	Multímetro digital	16,90	16,90
1	Protoboard	14,90	14,90
1	Arduino UNO R3 + cabo USB	54,90	54,90
1	Display LCD	16,90	16,90
1	Sensor LM35	10,90	10,90
1	Potenciômetro 10kΩ	1,75	1,75
11	Fios jumper 10 cm	0,40	4,40
12	Fios jumper 20 cm	0,50	6,00
1	Led vermelho	2,30	2,30
2	Resistores 300Ω	0,075	0,15

Quadro 2 – Preço dos materiais

Fonte: ROBOCORE, 2019.

O protótipo apesar do baixo custo e simplicidade, alcançou resultados satisfatórios para o monitoramento da temperatura e foi bem preciso nos valores informados. Não foi possível comparar os valores do protótipo com sistemas já existentes por motivos de burocracia, pois necessita de orçamento, onde é necessário informar dados como nome da empresa, cadastro nacional de pessoa jurídica (CNPJ), área de atuação da empresa, cargo de quem solicita orçamento, entre outros dados que não possuímos.

Para este trabalho, o Arduino foi fornecido pelo Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia (ICET) da UFVJM e o restante dos materiais pelo Laboratório de Ensino de Matemática (LEM) que funciona no mini auditório Safira do Campus Mucuri.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visto que os gastos anuais do governo são significativos com perdas de medicamentos oriundos do mal armazenamento, relacionado a temperatura inadequada desses locais, nesse trabalho foi desenvolvido uma alternativa simples e barata de monitoramento de temperatura, que, se aplicado é capaz de reduzir consideravelmente os gastos com esse problema.

Desta forma, o objetivo proposto do projeto foi alcançado, de forma que todos os passos descritos na metodologia funcionaram conforme o esperado.

O protótipo foi capaz de monitorar a temperatura do local onde foi feito os testes de forma muito precisa, alertando sempre quando ocorria oscilações fora do programado, e armazenando todos esses dados, para que se fosse possível acessá-los posteriormente, possibilitando assim um sistema de monitoramento sem a necessidade de um operário o tempo inteiro observando-o.

Os gráficos gerados a partir dos dados é de fácil elaboração e entendimento, o que faz desse protótipo uma alternativa eficiente para hospitais públicos municipais, ainda que não fosse possível acessar as salas de armazenamento de medicamentos desses locais, e realizar os testes, por falta de autorização.

Recomenda-se que para usos futuros desse projeto sejam feitas as devidas adequações na faixa de variação de temperatura, adaptando-o assim para qualquer tipo de local onde é necessário um sistema de monitoramento de temperatura.

O aparelho desenvolvido possui custo acessível e sua montagem e instalação são simples de serem efetuadas, dado que basta um baixo nível de conhecimento de programação para a escrita do código.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento dessa pesquisa só foi possível graças ao apoio do ICET, que cedeu o Arduino UNO, ao Programa de Educação Tutorial (PET) que nos cedeu um kit para iniciantes em Arduino, contendo tudo que foi necessário para o desenvolvimento deste trabalho e da orientação do Professor Dr. Daniel Morais que nos auxiliou nas dúvidas. A eles, os nossos agradecimentos.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. 2019. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 12 abr. 2019

LIMA, G.F. **Controle de temperatura de um sistema de baixo custo utilizando a placa Arduino**. IX CONGIC. IFRN, 2013. Disponível em: <<http://docente.ifrn.edu.br/gustavolima/producao-cientifica/2013/congic/artigo-aprovado>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

BATCHTOLD, C. **Noções de Administração Pública**. Curitiba, IFPR, 2012. Disponível em: <http://ead.ifap.edu.br/netsys/public/livros/Livros%20Curso%20Servi%C3%A7os%20P%C3%ABlicos/M%C3%B3dulo%20/Capa%20Nocoes%20Administracao%20Publica_IFAP/Livro%20Nocoes%20Administracao%20Publica.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2019.

Constituição da República Federativa do Brasil. 1988. SENADO FEDERAL, Brasília, 2016. Disponível em <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf>. Acesso em: 22. jul. 2019.

DUARTE, F. **Saúde pública: saiba qual é o papel do presidente, do governador e do prefeito**. 29 ago. 2014. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/noticias/eleicoes-2014/2014/08/saude-publica-qual-e-a-competencia-dos-cargos-politicos><. Acesso em: 22 jul. 2019.

GOVERNO DO BRASIL. União, estados e municípios têm papéis diferentes na gestão do SUS. 3 nov. 2014.

HPFBI. HEALTH PRODUCTS AND FOOD BRANCH INSPECTORATE. **Guidelines for Temperature Control of Drug Products during Storage and Transportation**. Canadá, 2011. Disponível em: <<http://www.hc-sc.gc.ca/dhp-mps/compli-conform/gmp-bpf/docs/gui0069-eng.php>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

LEAL, M. L. F. **Imunobiológicos: potência e estabilidade**. II Seminário Nacional Rede de Frio. 2017. Ministério da Saúde. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/dezembro/15/MARIA-DA-LUZ---FIOCRUZ---Imunobiologico---Potencia-e-Estabilidade.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

McROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo, Editora Novatec, 2011. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4287597/mod_resource/content/2/Ardu%C3%ADno%20B%C3%A1sico%20-%20Michael%20McRoberts.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2019.

MEIRELLES, H. L. **Direito Administrativo brasileiro**. São Paulo : RT, 1985.

MESSANO, A. J. G. P. **Operações unitárias da Indústria Farmacêutica: Refrigeração e Congelamento na Indústria farmacêutica**. 2010.

O cenário do desperdício de medicamentos no Brasil. SENSORWEB. Disponível em: <<https://sensorweb.com.br/desperdicio-medicamentos-brasil/>>. Acesso em: 18 jul. 2019.

Sala limpa. ZANOTTI REFRIGERAÇÃO. abr. 2018. Disponível em: <<https://zanottirefrigeracao.com.br/blog/sala-limpa/>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

SANTOS O. L. D., JÚNIOR J. D. S. M., NEVES M. R. M. **Sistema de Controle de Temperatura para uma Estufa com Monitoramento via Aplicativo**. Boa Vista, UFRR, RCT, 2017. Disponível em: <<https://revista.ufrr.br/rct/article/download/4004>>. Acesso em: 19 abr. 2019.

Sensor de temperatura – LM35. 2019. ROBOCORE. Disponível em: <<https://www.robocore.net/loja/sensores/sensor-de-temperatura-lm35>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

SILVA, A. C. **Evolução da administração pública no Brasil e tendências de novos modelos organizacionais**. Cuiabá, 2013. Disponível em: <<http://www.ice.edu.br/TNX/storage/webdisco/2013/12/13/outros/27b4d512efbac7d37520bc37aa78cac1.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

THOMSEN, A. 2011. **Controlando um LCD 16x2 com Arduino**. FILIPEFLOP. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/controlando-um-lcd-16x2-com-arduino/>>. Acesso em: 13 jul. 2019.

ZMITROWICZ, W., BISCARO, C., MARINS, K. R. C. C. **A organização administrativa do município e o orçamento municipal**. São Paulo: EPUSP, 2013. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00020.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2019.