

# Projeto e Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento dos Níveis de Pressão Sonora

*Project and Development of a Sound Pressure Level Monitoring*

**Gabriel Cysneiros Bezerra Carvalho Oliveira**

Escola Politécnica de Pernambuco

Universidade de Pernambuco

50.720-001 - Recife, Brasil

gabrielcbco@live.co

**Resumo** *O presente artigo descreve a construção de um sistema de monitoramento do nível de pressão sonora em ambiente hospitalar utilizando a plataforma do Arduino que emite um sinal luminoso quando o nível recomendado pela NBR 10.152 é ultrapassado. Os dados obtidos são armazenados em um cartão SD afim de que sejam estudados e encontradas soluções para reduzir barulhos em hospital. Apresenta os resultados dos primeiros testes realizados.*

**Palavras-Chave:** *Pressão Sonora, Ambiente Hospitalar, Arduino, Decibelímetro*

**Abstract** *This article describes the assembling of a sound level pressure monitoring system in a hospital room using the Arduino platfor that sends a light signal when the recommended limit on NBR 10.152 is exceeded. Data is stored on a SD card to further studies to find solutions to reduce noise in hospital rooms. First results are presented.*

**Keywords:** *Sound Pressure Level, Hospital Room, Arduino, Decibelmeter*

# 1 Introdução

A poluição sonora ambiental não é um problema recente e hoje em dia torna-se onipresente, chegando a beirar o intolerável. Quase não há locais livre do excesso de ruído, podendo expor-se a ele dentro de casa, na rua, no trabalho e em vários outros locais.

Um local que parecia estar livre da ocorrência deste tipo de poluição seria os hospitais, porém, em uma cidade grande, torna-se quase impossível isolá-los de fontes de ruído externo como o trânsito de grandes avenidas, carros de som, etc. Entretanto, muito do ruído hospitalar provém de dentro do próprio hospital, gerados pelas conversações da equipe hospitalar e também pelos equipamentos dotados de alarmes sonoros essenciais para alertar médicos e enfermeiros sobre as mudanças nas condições clínicas de seus pacientes, ou mau funcionamento do equipamento. Assim, um ambiente que deveria ser sinônimo de descanso torna-se um ambiente inapropriado para o mesmo, como mostra estudo conduzido em hospital no Paraná [1].

Além do mais, a exposição ao ruído intenso está associada à várias manifestações sistêmicas tais como aumentar a sensibilidade do paciente à dor, aceleração da frequência cardíaca e respiratória e dificultar a sedação do paciente, pois o mesmo sentirá mais dificuldade para dormir[2]. Por isso, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define, na NBR 10.512, que o ruído dentro de apartamentos, bercários, centro cirúrgicos e enfermarias deve estar entre 35 e 45 dB [3].

# 2 Objetivo

Desenvolver um sistema de monitoramento dos níveis de pressão sonora em ambientes hospitalares, armazenando os dados em um cartão de memória e emitindo um sinal luminoso quando o limite aceitável for ultrapassado, detectar os motivos pelos quais esse limite é ultrapassado e estudar maneiras de solucioná-los.

# 3 Método

O sistema capta o ruído através de um microfone tipo dinâmico com padrão polar supercardióide. Esse gera uma resposta muito baixa[4], que precisa ser amplificada e passar por uma filtragem ponderada do tipo A[5], que enfatiza as frequências de 1kHz a 5kHz (onde o ouvido humano é mais sensível), conforme a Figura 1[6]. A seguir, o sinal entrará no Arduino é retificado[7], pois o mesmo não suporta tensões negativas. Um programa irá transformar o sinal recebido em decibéis seguindo o fluxograma mostrado Figura 2. A fórmula para transformar o sinal de entrada em

decibel é mostrada na equação (1). Porém, como o Arduino não possui uma biblioteca que nos auxilie na resolução de integral, a mesma é calculada utilizando a equação (2).

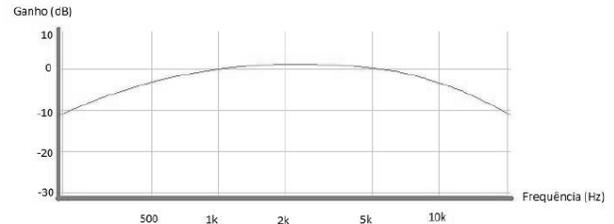


Figura 1 - Resposta em frequência para o filtro ponderado tipo A

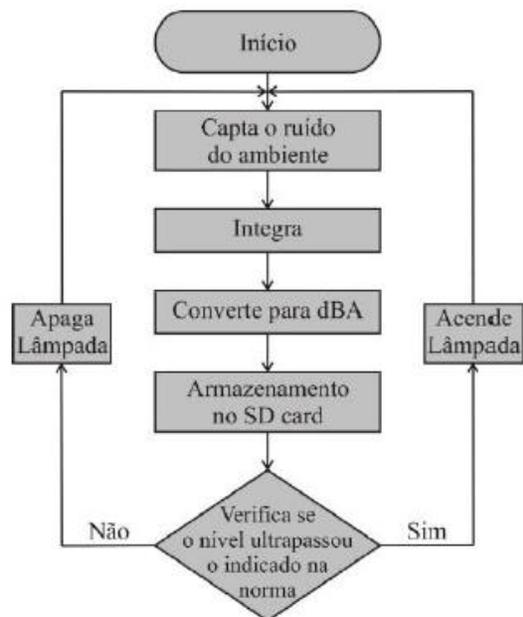


Figura 2 - Fluxograma do código no Arduino

$$N(dB) = 10 \log \left( \frac{\int_0^T Vin^2(t) dt}{\int_0^T Vref^2(t) dt} \right) \tag{1}$$

$$\int_0^T Vin^2(t) dt = \Delta T \sum_{i=1}^N \frac{Vin^2(\tau_{i-1}) + Vin^2(\tau_i)}{2} \tag{2}$$

A tensão de referência  $V_{ref}$  é obtida durante o processo de calibração. Nesse processo, o valor em decibel obtido no Arduino é comparado com os valores em um decibelímetro digital HDR 822, fabricado pela Hikari (Figura

3) e outro decibelímetro DL 4200, fabricado pela Icel (Figura 4), ambos com calibração de fábrica. Então, fazendo uma manipulação matemática na equação (1), temos que:

$$10\log V_{ref} = N(dB) - 10\log V_{in} = C \quad (3)$$

Onde, na equação (3),  $N(dB)$  é o valor obtido pelo decibelímetro e  $10\log V_{in}$  é obtido pelo valor do Arduino. Dessa forma, o termo à direita da equação (3) é uma constante conhecida e pode ser chamada de C. Assim, o valor final de  $V_{ref}$  é dado pela equação (4).

$$V_{ref} = 10^{C/10} \quad (4)$$



Figura 3 - Decibelímetro HDR 822, fabricado pela Hikari



Figura 4 - Decibelímetro DL 4200, fabricado pela Icel

Com o sistema calibrado, é necessário então associar o valor obtido com o horário em que ele foi coletado. Para isso, utilizou-se um módulo RTC (Real Time Clock da Figura 5) que usa um programa no Arduino para retornar a hora, minuto, segundo, dia, mês e ano no qual o dado foi coletado[8], criando-se então um *datalogger*. As ligações necessárias entre o módulo RTC e o Arduino são mostradas na Tabela 1.

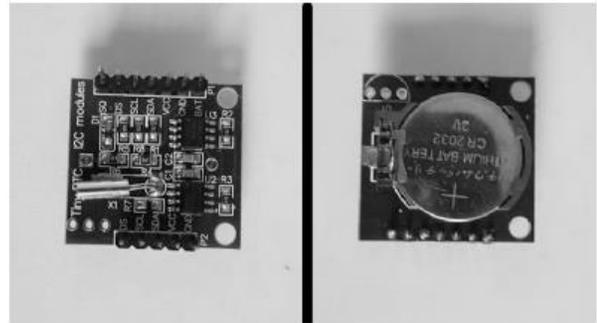


Figura 5 - Vista superior e inferior do módulo RTC

Módulo RTC	Arduino
SQ	Não conectado
DS	Não conectado
SCL	A5
SDA	A4
VCC	5V
GND	GND

Tabela 1 - Conexões entre o módulo RTC e o Arduino

Para armazenar os resultados num cartão de memória SD, utilizou-se um módulo SD Shield fabricado pela LC Studio e um cartão SD de 4 GB (Figura 6). As conexões entre o SD Shield e o Arduino são mostradas na Tabela 2. Para que o módulo funcionasse corretamente, é necessário adicionar a biblioteca SD no Arduino[9].



Figura 6 - Módulo SD Shield fabricado pela LC Studio e cartão SD de 4GB

Módulo SD Shield	Arduino
3.3V	Não conectado
GND	GND
CS	4
MOSI	11
SCK	13
MISO	12

Tabela 2 - Conexões entre o módulo SD Shield e o Arduino

Quando o limite sonoro definido pela NBR 10.152 é ultrapassado, uma lâmpada é acesa. Análises serão realizadas para avaliar o comportamento dos profissionais de saúde, no seu ambiente de trabalho, em dois momentos: Sem saber da monitoração e já informados de que estão sendo monitorados. O sistema completo é mostrado na Figura 7.

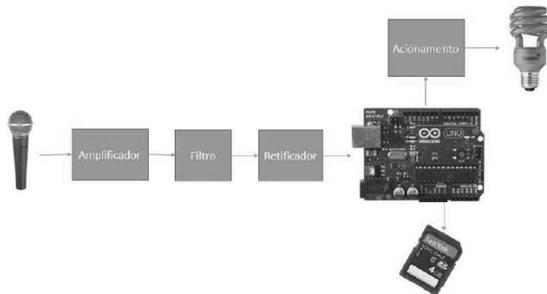


Figura 7 - Sistema completo

## 4 Resultados

O sistema foi montado utilizando um Software de Simulação e uma placa de circuito impresso foi gerada utilizando o layout da Figura 8. Após soldar os componentes eletrônicos, o sistema ficou como mostrado na Figura 9.

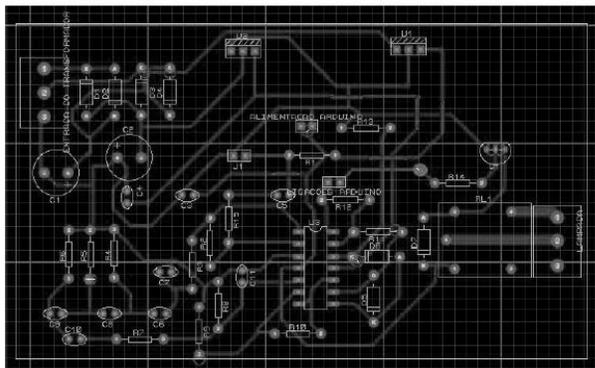


Figura 8 - Design da placa de circuito impresso montada para o sistema

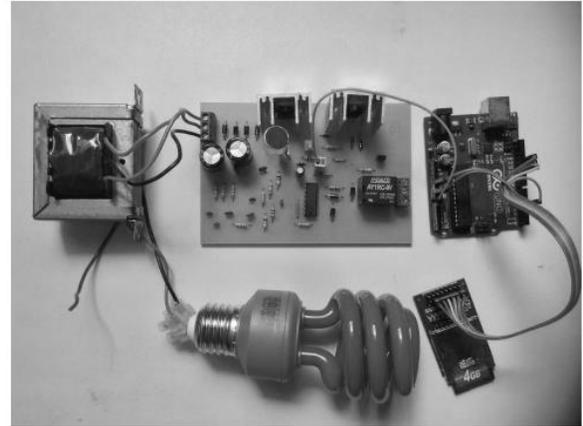


Figura 9 - Sistema completo montado em bancada

Um primeiro teste foi realizado e os valores obtidos foram comparados com os decibelímetros disponíveis e o resultado é mostrado no Gráfico 1. Calculando a tensão de referência de acordo com a equação (4), obtemos o resultado  $V_{ref} = 0,000000763856304$ . Após a utilização da nova tensão de referência, o resultado obtido é mostrado no Gráfico 2.

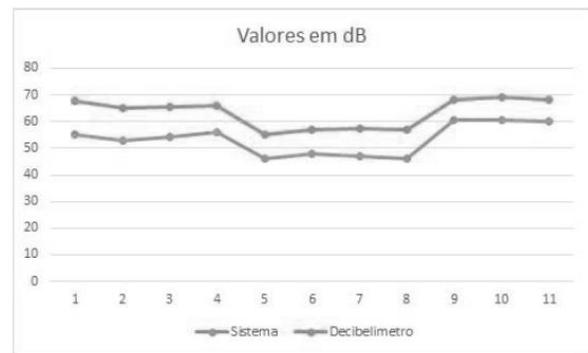


Gráfico 1 - Valores obtidos no primeiro teste e comparado com um decibelímetro

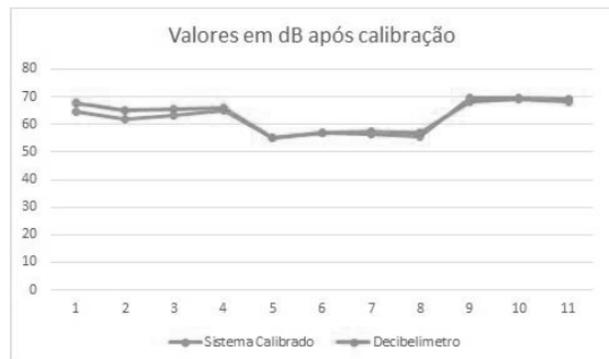


Gráfico 2 - Resultados obtido após a calibração e comparados com um decibelímetro

Após a utilização do módulo RTC para criar o *datalogger*, foi possível armazenar os dados no cartão SD no formato de arquivo *.txt*. Uma parte dos resultados coletados em um teste residencial é mostrado na Figura 10. Aqui

é possível ver o momento exato no qual o dado foi coletado.

```
22:25:05 13/12/15 Valor em dB: 73.35
22:25:07 13/12/15 Valor em dB: 72.36
22:25:09 13/12/15 Valor em dB: 72.42
22:25:11 13/12/15 Valor em dB: 72.41
22:25:14 13/12/15 Valor em dB: 74.03
22:25:16 13/12/15 Valor em dB: 72.94
22:25:18 13/12/15 Valor em dB: 73.39
22:25:20 13/12/15 Valor em dB: 72.99
22:25:22 13/12/15 Valor em dB: 72.69
```

```
22:25:24 13/12/15 Valor em dB: 64.37
22:25:26 13/12/15 Valor em dB: 64.31
22:25:29 13/12/15 Valor em dB: 64.27
22:25:31 13/12/15 Valor em dB: 64.23
22:25:33 13/12/15 Valor em dB: 64.19
22:25:35 13/12/15 Valor em dB: 64.16
22:25:37 13/12/15 Valor em dB: 64.14
22:25:39 13/12/15 Valor em dB: 64.14
22:25:42 13/12/15 Valor em dB: 64.12
```

Figura 10 - Resultados dentro do arquivo .txt

## 5 Conclusão

Analisando o Gráfico 2 percebe-se que o Sistema apresenta uma resposta similar à resposta dos decibelímetros utilizados para calibração, porém, o sistema ainda precisa de uma melhor calibração, utilizando valores mais elevados de ruído e uma faixa mais ampla de frequências, antes de ser implantado em um ambiente hospitalar. Após essa implantação, espera-se uma mudança comportamental nos profissionais de saúde, reduzindo o barulho dentro dos hospitais e auxiliando na recuperação dos pacientes.

Outra conclusão importante vem dos dados obtidos durante a calibração. Alcançar valores entre 35 e 45 dB, como recomenda a ABNT, é algo muito difícil. Então esse estudo também pode ser usado para sugestões de revisão junto à ABNT.

Vale salientar que todo o sistema foi montado, inicialmente, com um microfone de eletreto para que os primeiros testes pudessem ser realizados. A intensão é utilizar um outro microfone do tipo dinâmico. O microfone escolhido foi o GS 36, fabricado pela Alltech. O mesmo já foi adquirido e é mostrado na Figura 11.



Figura 11 - Microfone GS 36 fabricado pela Alltech. Será utilizado em etapas futuras do projeto.

## Referências

- [1] Otenio, M.H. et al. **Intensidade de ruído em hospital de 222 leitos da 18 regional de saúde – PR.** Brás Otorrinolaringol. 2007.
- [2] Posso, M. B. S. **O ruído emitido por aparelhos usados nas salas de operações.** 98f. 1980. Dissertação (Mestrado) – Escola de Enfermagem da USP, 1980.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.152 – Avaliação do ruído para o conforto acústico.** Rio de Janeiro: ABNT, 5 p. Dez. 1987.
- [4] Platt, Charles. **Electronics: Fun & Fundamentals – The Eclectic Electret Microphone.** Disponível em: <http://makezine.com/magazine/make-39/electronics-fun-fundamentals-the-eclectic-electret-microphone/>, Mar. 2015
- [5] BEIS, Uwe. **Weighting Filter Set.** Disponível em: <http://www.beis.de/Elektronik/AudioMeasure/WeightingFilters.html>, Mar. 2015
- [6] SPADA, A. L. **O Ouvido Humano.** Disponível em: [http://www.attack.com.br/artigos\\_tecnicos/ouvido\\_humano.pdf](http://www.attack.com.br/artigos_tecnicos/ouvido_humano.pdf)
- [7] Ye, Ting. **Precision Full-Wave Rectifier, Dual Supply.** Texas Instruments. Dez. 2013.
- [8] Boxall, John. **Tutorial – Using DS1307 and DS3231 Real Time Clock Modules with Arduino.** Tronixlabs. Dez. 2014. Disponível em: <http://tronixstuff.com/2014/12/01/tutorial-using-ds1307-and-ds3231-real-time-clock-modules-with-arduino/>
- [9] Arduino. **SD Library.** Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Reference/SD>.