



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE QUIXADÁ
TECNÓLOGO EM REDES DE COMPUTADORES

JEFFERSON COSTA SEVERO

**UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE RUÍDO EM AMBIENTES DE
TRABALHO**

QUIXADÁ

2021

JEFFERSON COSTA SEVERO

UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE RUÍDO EM AMBIENTES DE TRABALHO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso Tecnólogo em Redes de
Computadores da Universidade Federal do
Ceará como requisito parcial para obtenção do
grau de Tecnólogo. Área de Concentração:
Computação

Orientador: Prof. Dr. Arthur de Castro Callado

QUIXADÁ

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S525s Severo, Jefferson Costa.
Um sistema de monitoramento de ruído em ambientes de trabalho / Jefferson Costa Severo. – 2021.
50 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá,
Curso de Redes de Computadores, Quixadá, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Arthur de Castro Callado.
1. Ambiente de trabalho. 2. Monitoramento. 3. Decibelímetro. 4. Aplicativos móveis. I. Título.
CDD 004.6
-

JEFFERSON COSTA SEVERO

UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE RUÍDO EM AMBIENTES DE TRABALHO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso Tecnólogo em Redes de
Computadores da Universidade Federal do
Ceará como requisito parcial para obtenção do
grau de Tecnólogo.

Área de Concentração: Computação

Aprovada em: __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Arthur de Castro Callado (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Michel Sales Bonfim
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Armando Cavalcante Aguiar
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, e amigos que sempre me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus. Foi ele quem me permitiu ter força para no início da faculdade percorrer todos os dias 200 km para poder assistir às aulas. Foi um período difícil, mas de muito aprendizado. Gostaria de agradecer de forma especial à minha namorada e parceira Ana Sara, foi por conta de todos os seus incentivos que ganhei mais força para ir atrás dos meus objetivos. Agradecer aos meus pais, Cleonice e Gerson, que sempre acreditaram que a minha educação daria bons frutos, e acima de tudo, sempre me ajudaram com tudo que podiam.

Agradecer a cada professor com quem tive a oportunidade de conviver dentro da UFC. Foram aprendizados maravilhosos e que valiam à pena o esforço de chegar até a sala de aula mesmo que atrasado algumas vezes.

Agradecer em especial, ao professor Arthur Callado, por acreditar em mim como seu orientando, por todas as dicas, conversas e conselhos.

Agradecer imensamente a todas as amigas que fiz na faculdade. Pessoas com quem eu passava boa parte do meu tempo e por causa delas, era tão divertido e prazeroso passar o dia inteiro no laboratório de redes. Marcos Paulo, Denys, Bruno Mello, Luzia, Silmara, Wagner e tantos outros amigos que com certeza levarei para o resto de minha vida.

RESUMO

Há vários males silenciosos na sociedade que a longo prazo podem causar danos, um deles que é bem subestimado é o ruído. Todos os dias convivemos com os mais diversos tipos de ruído, tanto no trabalho como fora dele. Levando para o contexto de trabalho, são muitos os locais que não fornecem subsídio para uma boa salubridade acústica, e isso a médio e longo prazo pode gerar vários malefícios para uma pessoa como, dores de cabeça, zumbidos no ouvido dependendo da intensidade do ruído que a pessoa é exposta, distúrbio do sono e até mesmo perda de capacidade auditiva.

Este trabalho basicamente tem dois objetivos. Mostrar a real importância da salubridade sonora em ambientes de trabalho e fornecer um sistema capaz de mostrar em tempo real o nível de ruído de um determinado local em decibéis. O ruído é capturado a partir do microfone de um aparelho celular e enviado os dados através da rede local. Para a comunicação em rede foi usado primordialmente a tecnologia de web sockets, que é uma maneira diferente de comunicação assíncrona em cima do protocolo HTTP. O sistema ainda guarda alguns dados sobre o ruído para relatórios e emite alertas que são feitos via E-mail ou Telegram, onde o intervalo desses alertas é configurável, bem como o nível necessário de decibéis para disparar esse alerta. De acordo com pesquisas feitas após o uso do sistema, foi entendido que as pessoas realmente concordam na questão de a salubridade sonora ser importante, e que os dados fornecidos pelo sistema servirão de embasamento científico para possíveis mudanças nos locais onde foram feitos os experimentos, e também na montagem de novos ambientes que porventura sejam criados, para que estes já sejam pensados a questão acústica de acordo com cada tipo de trabalho.

Palavras-chave: Ambiente de trabalho. Monitoramento. Decibelímetro. Aplicativos móveis

ABSTRACT

There are a lot of silent males in society who can do harm in the long run, one that is well underrated is noise. Every day we live with the most diverse types of noise, both at work and outside. Taking it to the work context, there are many places that do not provide support for good acoustic health, and this in the medium and long term can generate various harms for a person, such as headaches, tinnitus, despite the intensity of the noise that the person is exposed, sleep disturbance and even loss of hearing.

This work basically has two goals. Show the real importance of sound health in work environments and provide a system capable of showing in real time the noise level of a given location in decibels. Noise is captured from a cell phone microphone and sent over the local network. For network communication, web sockets technology was primarily used, which is a different way of asynchronous communication over the HTTP protocol. The system also keeps some data about noise for reports and issues alerts that are made via E-mail or Telegram, where the interval of these alerts is configurable, as well as the level of decibels needed to trigger this alert. According to surveys carried out after using the system, it was understood that people really agree that sound health is important, and that the data provided by the system will serve as a scientific basis for possible changes in the places where the experiments were carried out, and in the assembly of new environments that may be created, so that they are already thought of the acoustic issue according to each type of work.

Keywords: Workplace. Monitoring. Decibel Meter. Mobile Apps.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- RaspBerry Pi.....	15
Figura 2- Módulo Sensor de som LM393.....	16
Figura 3- Diagrama IoT Noise.....	18
Figura 4- Camadas básicas da Internet das Coisas.....	24
Figura 5- Faixa de frequência audível pelo ouvido humano.....	25
Figura 6- Aplicativo em funcionamento.....	30
Figura 7- Página de Login.....	31
Figura 8- Tela de acompanhamento de ruído.....	32
Figura 9- Tela de Relatórios.....	33
Figura 10- Exemplo de alerta no Telegram.....	34
Figura 11- Exemplo de alerta no E-mail.....	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Prefeitura, manhã.....	39
Gráfico 2 - Hospital Municipal de Madalena, manhã.....	40
Gráfico 3 - Hospital Municipal de Madalena, tarde.....	41
Gráfico 4 - Proposta do Sistema.....	43
Gráfico 5 - Ruído atrapalha?.....	43
Gráfico 6 - Norma NBR 10151.....	44
Gráfico 7 - Efetividade de Alerta.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Níveis sonoros recomendados em alguns ambientes.....	20
Tabela 2- Trabalhos Relacionados.....	22
Tabela 3- Alguns valores da NBR 10152.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
NBR	<i>Norma Brasileira Regulamentar</i>
DB	Decibel
HDMI	<i>High Definition Multimedia Interface</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
PHP	<i>Personal Home Page</i>
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
RMS	<i>Root Mean Square</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
CSV	<i>Comma Separated Value</i>
IOT	<i>Internet Of Things</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
NFC	<i>Nier Field Communication</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
2 TRABALHOS RELACIONADOS	15
2.1 Monitoramento online de ruídos sonoros de bibliotecas utilizando internet das coisas	15
2.2 IoT-Noise: Um dispositivo IoT de baixo custo para detecção de Poluição Sonora	18
2.3 Smartphone as noise meter	21
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
3.1 Internet das Coisas	23
3.2 Som	24
3.2.1 Propriedades físicas do som	24
3.2.1.1 Frequência	24
3.2.1.2 Intensidade	25
3.2.2 Poluição sonora e níveis de conforto acústico	26
3.3 Sistemas de mensagens para alerta	27
3.3.1 E-mail	27
3.3.2 Telegram	28
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	29
4.1 Desenvolvimento do protótipo	29
4.1.1 Aplicativo de medição de ruído	29
4.1.2 Sistema web	30
4.2 Testes e validação do protótipo	35
4.3 Execução do protótipo nos ambientes propostos	36
4.4 Envio de relatório por parte do protótipo para a instituição	37
4.5 Formulário online sobre a usabilidade e utilidade do protótipo para controle de nível de ruído da instituição	37
5 RESULTADOS	38

5.1 Coleta de dados.....	38
5.1.1 Prefeitura.....	38
5.2 Resultados do formulário pós trabalho.....	41
6 CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	46
APÊNDICE A.....	49
APÊNDICE B.....	51

1 INTRODUÇÃO

No mundo atual, o som, seja de qualquer fonte, é considerado algo totalmente normal e corriqueiro. Todos os dias é possível perceber o barulho do vento nas árvores, do caminhão que passa pela rua ou mesmo do zumbido de mosquitos ao dormir. Essa é a realidade a que a população está acostumada e, muitas vezes, para determinadas atividades, principalmente as que exigem concentração, um ruído, mesmo que baixo, atrapalha completamente o andamento da atividade (CELANI *et al.*, 1991).

Diversos meios de comunicação em massa, como jornais e revistas, têm divulgado em suas matérias, discussões e enfoques sobre os transtornos ocorridos quando as pessoas se encontram sob o impacto do ruído em sua vida cotidiana. O interessante é que, frequentemente, nem percebemos que convivemos diariamente com ruído moderado e que ele se torna um inimigo de nosso organismo. Podemos notar que mesmo em atividades de lazer, somos expostos a ruídos de forte intensidade e as pessoas assumem uma postura passiva, não parecendo ter consciência dos malefícios e nem mesmo esboçando tentativa de diminuição do mesmo (CELANI *et al.*, 1991).

Em ambientes como hospitais, por exemplo, o nível de ruído está acima do limite permitido. Isso se deve muito por conta da grande incorporação de tecnologias, o fluxo de pessoas, e a não observância do silêncio nesse tipo de ambiente pela própria equipe do estabelecimento e os usuários desse serviço (FILUS, Walderes Aparecida *et al.*, 2014)

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) em sua norma NBR 10152 de dezembro de 1987 - "Níveis de ruído para Conforto Acústico" estabelece valores entre 35 e 45 decibéis (dB) para locais como uma biblioteca. Valores acima deste nível são considerados de desconforto acústico (ABNT, 1987). Na seção 3.2.2 serão detalhadas as normas para outros ambientes.

O presente trabalho tem como objetivo, utilizando a captação de áudio de um celular, ajudar no controle de ruído em ambientes de trabalho, fornecendo históricos e informações relevantes sobre o ruído no momento das atividades. Com estes dados, a empresa ou órgão responsável pelo colaborador terá conhecimento se o seu ambiente de trabalho está acusticamente salubre ou não.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Criar um sistema que faça a medição de ruído de ambientes de trabalho através de um aplicativo de celular em conjunto com um sistema web fornecendo dados em tempo real e relatórios sobre o ruído.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Criar uma solução de monitoramento sonora para ser usados para entidades que queiram medir o nível de ruído de seus ambientes;
- Fornecer dados para que as instituições possam usar para melhorar a qualidade dos ambientes de trabalho de seus colaboradores;
- Fazer um sistema modular para futuras atualizações para uma arquitetura distribuída;

Este trabalho está organizado da seguinte maneira: O capítulo 2 traz os trabalhos relacionados, fazendo comparações entre o presente trabalho e os trabalhos de outros autores destacando as vantagens e desvantagens. O capítulo 3 traz toda a fundamentação teórica sobre Internet das Coisas, conceitos de som e sistemas de alertas. O capítulo 4 traz os requisitos de *software* para a execução do trabalho e detalhada todos os métodos que serão utilizados. Já o capítulo 5 traz os resultados deste trabalho, e o capítulo 6 traz as conclusões.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

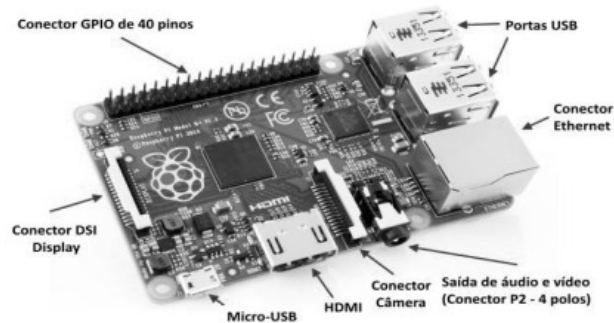
O monitoramento de ruído já foi feito utilizando a tecnologia de Internet das Coisas. Seguem abaixo os trabalhos relacionados ao presente estudo.

2.1 Monitoramento online de ruídos sonoros de bibliotecas utilizando internet das coisas

Com a alta demanda por silêncio vinda de vários alunos que utilizam o ambiente de uma biblioteca para os seus estudos, Cândido e Jucá (2017) propuseram uma solução envolvendo Internet das Coisas para monitorar o ruído dessa biblioteca, além de mandar um alerta sonoro caso o nível de ruído ultrapassasse o limiar em decibéis recomendado. Além disso, os valores eram registrados em banco de dados e com esse sistema em uso os autores dizem que raramente se pedia silêncio no ambiente de estudo. Foi utilizado neste trabalho o computador *RaspBerry Pi* que foi usado como microcontrolador. Seus componentes são descritos na Figura 1.

O autor toma como base a norma ABNT 10152 de dezembro de 1987 - “Níveis de Ruído para Conforto Acústico” - que estabelece valores entre 35 dB e 45 dB para ambientes de estudo como bibliotecas. Um dos materiais usados no experimento foi o *RaspBerry Pi*, que é considerado um dos menores computadores do mundo, tem conexão USB, é possível conectá-lo à TVs, tem saída HDMI e um Sistema Operacional interno baseado em Linux.

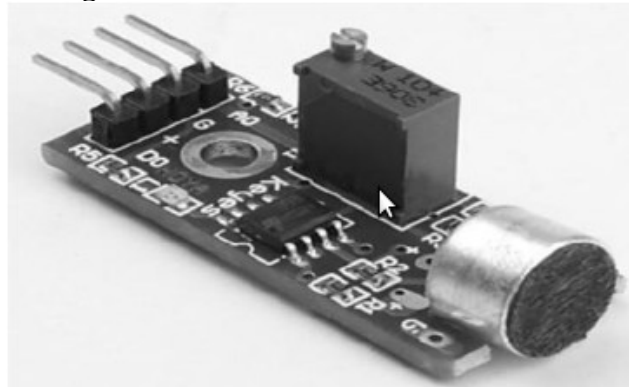
Figura 1- RaspBerry Pi.



Fonte: (CÂNDIDO; JUCÁ, 2017).

Foram utilizados todos os recursos dos pinos GPIO do *RaspBerry Pi*, onde os valores são recebidos pelos pinos RX, que são os seriais, e o pino 7 é utilizado para alerta. Todos os pinos podem ser configurados tanto para saída quanto para entrada. O microcontrolador recebe os dados de um módulo sensor de som LM393 em uma entrada que converte o sinal analógico em digital. O sensor mede a intensidade sonora ao redor variando a saída caso detecte um sinal sonoro. O limite de detecção pode ser regulado com um potenciômetro. Dentre as características do módulo sensor de som estão alta sensibilidade, tensão de operação 5 Vcc, luz indicadora de energia, led indicador de tensão e led indicador de saída digital. Na Figura 2 podemos ver uma imagem do módulo sensor de som LM393 usado no trabalho de (Cândido e Jucá, 2017).

Figura 2- Módulo Sensor de som LM393.



Fonte: (CÂNDIDO; JUCÁ,2017).

Para a validação dos resultados do módulo sensor de som foi usado um decibelímetro de precisão no momento em que foram feitos testes de captura.

Periodicamente, valores de ruído foram enviados do módulo sensor para o microcontrolador que contém um *firmware* em execução e envia esses dados para o computador através do pino TX. Um programa no computador trata o recebimento desses dados e se responsabiliza por acionar uma sirene de alerta quando o limite de decibéis for

ultrapassado. Posteriormente, os valores são registrados em um banco de dados *MySQL*. Para mandar os dados frequentemente para o banco, usa-se a técnica *Crontab* que é uma aplicação Linux para agendamento de tarefas.

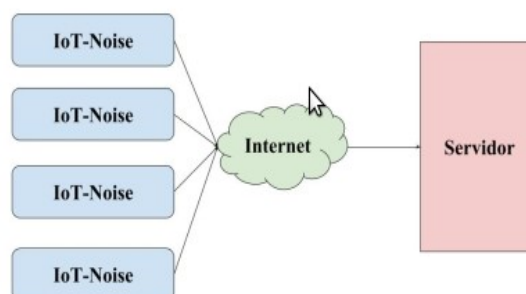
Os valores são exibidos em tempo real em uma interface *web* que apresenta também os valores armazenados no banco. Ainda é possível resgatar os valores anteriores para comparação. O sistema *web* utiliza gráficos para a melhor apresentação dos dados, e mostra sempre os 20 últimos valores armazenados no banco. O *framework* Laravel, que tem como base o PHP, foi utilizado para o desenvolvimento desta aplicação *web*.

O sistema funciona bem para o que se propõe e como resultado o nível de ruído da biblioteca baixa consideravelmente. Ele dá ao usuário também a possibilidade de obter informações referentes a dias anteriores para comparação. Um dos objetivos do presente trabalho é tornar esse processo de busca de informações anteriores automático e dentro da própria ferramenta, gerando relatórios online.

2.2 IoT-Noise: Um dispositivo IoT de baixo custo para detecção de Poluição Sonora

A proposta do trabalho de Filliettaz e Borin (2016), foi o desenvolvimento de um protótipo com recursos baratos para a detecção de poluição sonora em vários ambientes diferentes. Como motivação deste trabalho, os autores admitem que a poluição sonora, principalmente em grandes centros urbanos, causa prejuízos muitas vezes irreversíveis à saúde. Então foi proposto um sistema que faz o papel de decibelímetro, também mandando esses dados pré-processados para uma central. Para fins de testes foi criado um servidor utilizando *Express* e *NodeJS*, onde esse servidor se comunica com todos os dispositivos que processam sinal sonoro. O diagrama do protótipo IoT Noise é ilustrado na Figura 3.

Figura 3- Diagrama IoT Noise.



Fonte: (FILLIETTAZ; BORIN, 2016).

Um dos componentes usados no trabalho de Filliettaz e Borin (2016) é o Arduino, que é uma placa micro controladora que faz a coleta e processamento dos dados. O Arduino é muito utilizado em robótica e funciona muito bem também com sensores. Tem uma programação de fácil entendimento e por ser *open-source* existem vários projetos de onde se podem tirar exemplos. Contudo, o Arduino, em sua versão base, não vem com acesso à *internet* por padrão, necessitando assim de um módulo *Wi-Fi* de preço acessível para fazer a comunicação em rede.

O módulo *Wi-Fi* escolhido para este trabalho foi o ESP-8266 ESP-01, que é um módulo simples que se comunica via protocolo 802.11 e foi usado unicamente para fazer a ponte de comunicação entre o Arduino e o servidor. Os valores capturados pelo microfone são processados pelo Arduino, obtendo-se o valor em dB (decibéis) e depois, via comunicação serial, o Arduino transmite via *Wi-Fi* os dados para o servidor. O módulo ESP-8266 ESP-01 pode ser encontrado a partir de R\$15,00.

Para o processamento dos dados foram testados 3 algoritmos diferentes. A média das leituras, que é o mais simples, consiste em fazer um certo número de medidas em determinado intervalo de tempo, calcular a média desses valores e usar uma média de referência para calcular o valor da intensidade sonora. Esse método não mostrou bons resultados. Quando a intensidade sonora era muito diferente da intensidade de referência, os valores passavam a ser muito diferentes das medições de um decibelímetro de referência.

No método seguinte foi utilizada a técnica de Aproximação Polinomial e Logarítmica com a mesma média do método passado. Com os resultados obtidos, tentou-se estimar o valor da intensidade sonora. Por mais que esse método tenha se mostrado um pouco melhor do que o anterior, quando a intensidade sonora ficava muito baixa ou muito alta, o dispositivo começava a divergir muito do decibelímetro de referência.

O algoritmo escolhido foi o que utilizou Espectro de Frequência e FFT (Transformada Rápida de Fourier). É a maneira mais complexa, mas a que deu o melhor resultado. Foram feitas 64 amostras do sinal. Depois disso, com uma biblioteca externa, uma implementação de FFT foi aplicada ao sinal, resultando assim em um espectro de frequências. Depois disso foi aplicado um peso em cada frequência. Com esses dados em mãos foi calculado o valor da tensão RMS do sinal. Por último, um filtro de peso temporal foi aplicado sobre o valor RMS e esse valor foi utilizado para obter a intensidade sonora em dB.

O envio de dados foi feito através do módulo *Wi-Fi* via conexão TCP. Os dados eram

gravados em um arquivo .CSV quando chegavam ao servidor. O protótipo foi testado em vários ambientes diferentes, dentre eles: apartamento, casa, culto de igreja, faculdades, praça de alimentação e cinema. Os resultados foram mostrados em forma de gráficos e comparados com os níveis aceitáveis de poluição sonora para cada ambiente. Para ter a base de alguns valores em dB para diferentes ambientes, Filiettaz e Borin (2016) usaram uma tabela que está ilustrada na Tabela 1.

Tabela 1- Níveis sonoros recomendados em alguns ambientes.

Limiar de audição	dB
Farfalhar de folhas	10 dB
Conversa	60 dB
Show de rock	110 dB
Limiar da dor	120 dB
Turbina a jato	130 dB

Fonte: (Halliday et al, 2008, p.159).

2.3 Smartphone as noise meter

O objetivo do trabalho de Fagola e Mazera(2015) foi basicamente fazer uma validação para saber se o nível de ruído que alguns aplicativos de nível de ruído realmente eram eficazes no sentido de verificar o nível de ruído à um custo baixo. Foram utilizados 5 aplicativos diferentes entre celulares com o sistema operacional *Android* e *Apple*, sendo alguns desses aplicativos gratuitos e outros pagos.

Os celulares usados para o experimento foram: Samsung GT-B5330 (Android v.4.0.4), Samsung Advance GT-19070P (Android v.2.3.6), HTC Desire 601 (Android v.4.4.2), iPhone 4S (iOS v.8.0.2), iPhone 5S (iOS v.8.1.3).

Em comparação com um decibelímetro de precisão, foi constatado que os aplicativos tinham certa semelhança com o decibelímetro de precisão, os aparelhos da Apple tiveram um pouco de vantagem em relação à consistência dos dados, o que foi visto também é que os aparelhos perdiam qualidade de captação sonora de acordo com o seu tempo de vida. Então celulares mais novos tiveram resultados melhores. Depois desse experimento envolvendo os 5 celulares, o autor partiu para um teste em um ambiente rodoviário com condições climáticas variáveis incluindo chuvas e ventos. O microfone do celular foi protegido por fones à prova de ventos e colocado em uma caixa à prova d'água. Os dados obtidos revelam uma concordância muito boa entre o aplicativo e um decibelímetro de precisão.

Como resultado, foi constatado que os celulares foram capazes de medir bem níveis de ruído na faixa de 40-85 dB e alguns deles puderam ser empregados até a faixa de 110 dB. A partir desses dados o autor pretende desenvolver um aplicativo que seja gratuito e *open-source* que seja utilizado como base os 5 aplicativos testados

A Tabela 2 faz a comparação dos trabalhos relacionados com o presente trabalho em relação aos tipos de notificações, relatórios sobre os ruídos e *hardware* utilizado.

Tabela 2- Trabalhos Relacionados.

Estudo	Tipo de notificações	Relatórios sobre ruído	Hardware
Cândido e Jucá, 2017	Alerta sonoro	Não embutido no protótipo	Sistema embarcado
Filliettaz e Borin, 2016	Sem notificações	Sem relatórios	Sistema embarcado
Fagola e Mazera (2015)	Sem notificações	Sem relatórios	Smartphone
Presente trabalho	Email, Telegram	Embutido no protótipo	Smartphone

Fonte: Elaborada pelo Autor.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são discutidos os conceitos utilizados no trabalho, bem como todas as ferramentas usadas para a implementação do mesmo.

3.1 Internet das Coisas

De acordo com Marques e Pitarma (2018), a Internet das Coisas é uma rede de objetos físicos ligados à *Internet* que possui a capacidade de conectar-se entre si e com o ambiente externo.

A Internet das Coisas é um novo conceito que vem ganhando força graças a grandes avanços nas telecomunicações. Maiores taxas de transmissão, protocolo IP (*Internet Protocol*) versão 6, nanotecnologia (aplicação de circuitos de tamanho similar a uma molécula) e a automação residencial são alguns contribuintes que tornam a Internet das Coisas uma realidade (GÓMEZ et al., 2013).

A visão baseada nas coisas vem de dispositivos autônomos e inteligentes. Dentre os exemplos de aplicações do cotidiano usando IoT temos por exemplo: NFC (*Near Field Communication*) e RFID (*Radio-Frequency Identification*). NFC é uma tecnologia de troca de informações baseada na aproximação física e o RFID é um mecanismo de identificação baseado em rádio-frequência. Já a parte de ligação de rede visa manter todos os dispositivos conectados à rede, possuindo um único endereço IP e tendo protocolos que são as regras e parâmetros a serem seguidos para a comunicação ocorrer corretamente (MARQUES; PITARMA, 2018).

A Figura 4 ilustra as camadas básicas da Internet das Coisas descritas por Gómez *et al.*, 2013.

Figura 4- Camadas básicas da Internet das Coisas.



Fonte: Adaptado de (Gómez *et al.*, 2013.)

3.2 Som

No contexto da física o som tem uma explicação que passa por conceitos como: propagação, percepção, vibração, frequência, comprimento de onda e ressonância. Já no contexto artístico existem definições como ritmo, harmonia, melodia, solo e tom. Em relação à audição humana, a disciplina de biologia quase sempre trata esse assunto apenas com caráter informativo, prejudicando o que poderia ser um dos assuntos mais interessantes e de melhor aplicação imediata, já que todos estão rodeados pelo som constantemente (RUI; STEFFANI, 2007).

3.2.1 Propriedades físicas do som

O som é um fenômeno vibratório que é o resultado de variações na pressão do ar. Todas essas variações acontecem em torno da pressão atmosférica e se propagam longitudinalmente. Isso quer dizer que todas as ondas seguem a mesma direção de vibração e trajetória a uma velocidade de 344 m/s a 20° C. Qualquer vibração que faça pressão na atmosfera é considerada uma fonte sonora. Basicamente todo som se caracteriza por 3 variáveis: frequência, intensidade e timbre (FERNANDES, 2002).

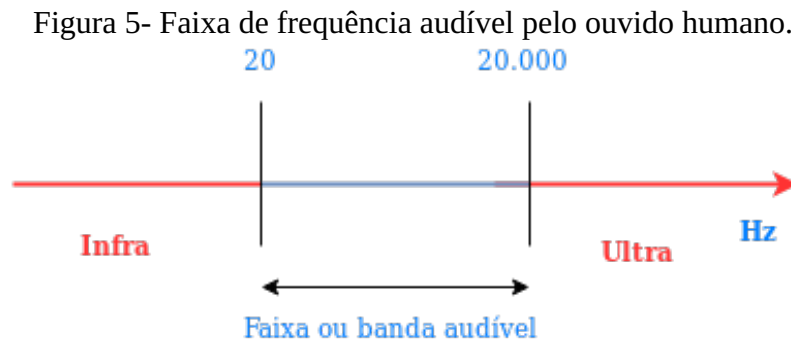
3.2.1.1 Frequência

Frequência é o número de ciclos por segundo do movimento vibratório do som. Para uma onda em propagação, é o número de ondas que passam por um determinado período de

tempo. Tendo λ como o comprimento de onda do som, V sendo a velocidade de propagação dessa onda e f sendo a frequência existente, temos a seguinte equação para a velocidade do som (FERNANDES, 2002).

$$V = \lambda * f$$

A unidade de frequência do som é o Hertz (Hz), que representa o número de vibrações por segundo. Nosso ouvido é capaz de detectar sons entre 20Hz e 20.000Hz. Os sons que são menores que 20 Hz são chamados infra-sons e os maiores que 20.000Hz são chamados de ultra-sons. A Figura 5 ilustra esse limiar percebido pelo ouvido humano. A faixa entre os 20Hz e 20.000Hz são consideradas as faixas audíveis para o ouvido humano (FERNANDES, 2002).



Fonte: Adaptado de (FERNANDES, 2002).

3.2.1.2 Intensidade

A intensidade do som é o nível de energia contida no movimento vibratório. Essa energia pode se traduzir como de maior ou menor amplitude tanto na vibração como na onda sonora. Um som de volume médio pode ter essa amplitude na ordem de centésimos de milímetros. Contando com isso, a energia sonora pode se tornar desprezível. Tirando como um exemplo, um grito de gol por todas as pessoas em um estádio totalmente lotado, que geralmente dura entre 2 à 4 minutos, é equivalente à energia necessária para aquecer uma xícara de café. Ou o grito de todas as pessoas de uma grande cidade fosse dado ao mesmo tempo, a energia despendida é equivalente à consumida por uma lâmpada de 50 ou 60 Watts (FERNANDES, 2002).

De acordo com a **Lei de Weber**, à medida que aumentamos a intensidade sonora à qual estamos expostos, o ouvido fica cada vez menos sensível. Ou seja, se você está ouvindo determinado som a uma potência de 20 Watts e aumentar a potência para 40 Watts, o ouvido instantaneamente notará diferença. No entanto, para o ouvido notar uma diferença no mesmo nível da anterior a potência terá que ser aumentada para 80 Watts (FERNANDES, 2002).

Diante dos vários problemas de valores enormes de escalas logarítmicas usados inicialmente para medir a intensidade do som, foi proposto posteriormente, em homenagem à **Alexandre Graham Bell**, que o nível de pressão sonora seria medido em BEL. Logo depois foi adotado o DECIBEL, onde $1\text{dB} = 1\text{B}/10$ (FERNANDES, 2002).

3.2.2 *Poluição sonora e níveis de conforto acústico*

Diante de toda a correria do dia a dia muitas pessoas sequer se dão conta do quanto a poluição sonora pode trazer malefícios. O ruído passou a ser considerado um dos principais problemas ambientais de grandes centros urbanos e sendo mais um desafio para a saúde pública. As desvantagens são comprovadas cientificamente. Podem causar perturbação mental, prejudicar o meio ambiente, reduzir a capacidade de memorização e causar perda de sono, estresse, e até levar pessoas à condição de surdez (MACHADO, 2004).

A maneira adequada de se alertar para uma situação de poluição sonora, entretanto, não está bem estabelecida na literatura.

A norma a qual esse trabalho se baseia é a norma NBR 10152 “Níveis para conforto acústico”. Dentro da norma há valores de referência do que seria o nível máximo de ruído permitido por vários tipos de ambientes. Segue uma tabela com alguns valores de referência dessa norma.

Tabela 3- Alguns valores da NBR 10152

Locais	DB
Serviços de Hospitais	45-55
Salas de concerto	30-40
Salas de computadores	45-65
Bibliotecas	35-45

Fonte: NBR 10152 (ABNT, 2000).

3.3 Sistemas de mensagens para alerta

3.3.1 E-mail

O *e-mail* é um método que permite criar, receber e enviar mensagens através da internet. Sua origem vem da ARPANET e sua primeira transmissão foi realizada no início da década de 70 (MARCH *et al.*,2014).

O *e-mail* pode ser utilizado tanto por sistemas que utilizam internet como também pode ser usado nas chamadas *intranets* que são geralmente redes dedicadas de uma determinada empresa e permite a troca de mensagens dentro dessa empresa (GOMES, 2014).

Neste trabalho foi utilizada a biblioteca PHPMailer, para o envio de alertas por *e-mail* caso o limiar de ruído sonoro ultrapasse o que é considerada a faixa inadequada para a realização de atividades dos colaboradores no ambiente avaliado.

3.3.2 Telegram

O Telegram é uma aplicação de mensagens instantâneas similar ao *WhatsApp*. Foi criado na Rússia e seu uso pode ser feito de várias plataformas, dentre elas: *smartphones*, *tablets* e via *web* com o *Telegram web*. Seu armazenamento é feito na nuvem, o que facilita em relação aos processos de *backup*, além de ser gratuito e de código aberto (MORAIS *et al.*, 2017).

Neste trabalho foi utilizada a opção de enviar notificações de alerta também pelo Telegram. Isso foi feito por meio dos bots do Telegram. Eles são robôs que fazem uma espécie de ponte entre a aplicação que está sendo desenvolvida e o próprio Telegram.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O desenvolvimento deste trabalho foi conduzido a partir das seguintes etapas:

- Desenvolvimento de aplicativo e sistema web;
- Testes de captação com o protótipo do app, e calibração do app tendo como base um decibelímetro de precisão;
- Execução dos experimentos nos ambientes propostos;
- Envio de relatório por parte do protótipo para a empresa;
- Formulário online sobre a usabilidade e eficácia do protótipo para o controle de nível de ruído da instituição e se houve algum tipo de posição em relação a esse problema

Os detalhes sobre cada etapa são descritos ao longo desta seção.

4.1 Desenvolvimento do protótipo

4.1.1 Aplicativo de medição de ruído

Para o desenvolvimento do aplicativo de medição de ruído foi utilizada como *stack* o *React Native* que é uma biblioteca feita pelo Facebook para a criação de aplicativos nativos usando primordialmente a linguagem JavaScript. Uma das outras vantagens dessa *stack* é que ela consegue gerar código tanto para aparelhos Android quanto IOS.

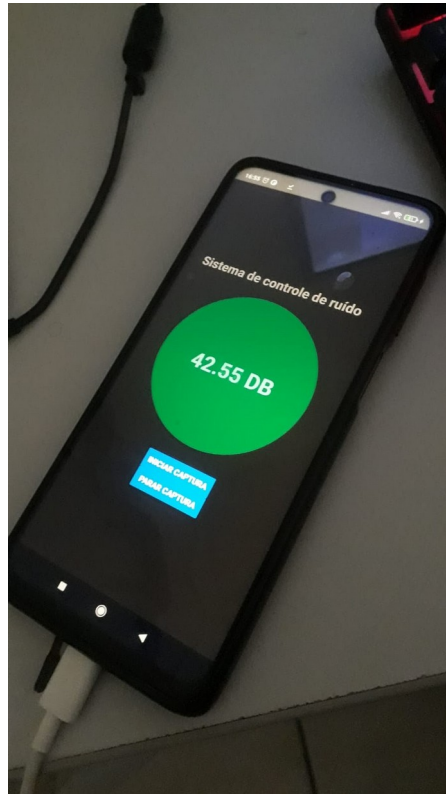
A medição de ruído usa o microfone do dispositivo como entrada para o ruído, então para essa tarefa foi utilizada uma biblioteca do *React Native* chamada *React Native Sound Level*. Essa biblioteca retorna o valor bruto de ruído captado pelo aparelho, necessitando assim de uma conversão para que o valor se aproximasse ao máximo do decibelímetro de precisão. Foi utilizada a seguinte fórmula para a conversão:

$$dB = 10 * \log(\text{valorbruto})$$

Além disso, o aplicativo se conecta a um servidor de *WebSockets* na rede interna para a comunicação de dados em tempo real. Além dessa fórmula, foi preciso fazer uma calibragem dos dados que viam do aplicativo com os dados que estavam vindo do decibelímetro, isso para deixar os dados do celular o mais parecidos possível com os dados do decibelímetro de

precisão.

Figura 6- Aplicativo em funcionamento



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1.2 Sistema web

Para a criação do sistema *web* foi utilizado o *framework* Laravel que é um *framework* MVC que facilita na hora de desenvolver projetos em PHP, especialmente por sua ontologia estar totalmente dentro de boas práticas de programação. Foi implementada a autenticação com login e senha. O banco de dados utilizado foi o *MySQL* e dentro do próprio Laravel foi criado um outro servidor de WebSockets para receber o fluxo de dados vindo do aplicativo.

Esse servidor de websockets foi feito utilizando um componente chamado *Ratchet* que recebe todas as conexões e as trata enviando o fluxo de dados para a aplicação. O servidor

web utilizado foi o apache e o sistema foi testado primordialmente em ambiente local.

Ao receber o fluxo de dados que vem do aplicativo, esse servidor de *websockets* manda em tempo real para ser acompanhado pelo sistema web. Além disso, a cada 50 segundos ele pega os dados de menor valor, maior valor e média em decibéis e salva essas informações no banco de dados. Os valores mostrados nos gráficos que serão visualizados mais adiante, são os números de maior valor, para fazermos a comparação com o limiar de ruído para a questão dos alertas. O alerta foi enviado quando em tempo real, o nível de ruído batia o limiar que ficava dentro de uma constante dentro do sistema. Depois disso ele verifica se o tipo de alerta configurado era Telegram ou E-mail, e tendo essa informação, ele chama uma classe de serviço que abstrai a API desse serviço externo (Telegram ou E-mail).

Para ajudar no *front end* da aplicação foi utilizado o framework CSS Bootstrap, além de minificação de arquivos para a aplicação ter um melhor desempenho. Para a auditoria de aplicação foi utilizado o sistema de controle de versão Git e como repositório o bitbucket. As figuras 7, 8 e 9 mostram algumas telas do sistema:

Figura 7- Página de Login



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 7 mostra a página de login onde a instituição previamente cadastrada se autentica com o seu e-mail e senha. E-mail este que também é usado para o envio das notificações via e-mail e por onde é enviado também os relatórios. Ao clicar em “Entrar” é

feito um processamento no servidor para saber se o usuário realmente consta na base de dados. Caso sim, ele entra no sistema.

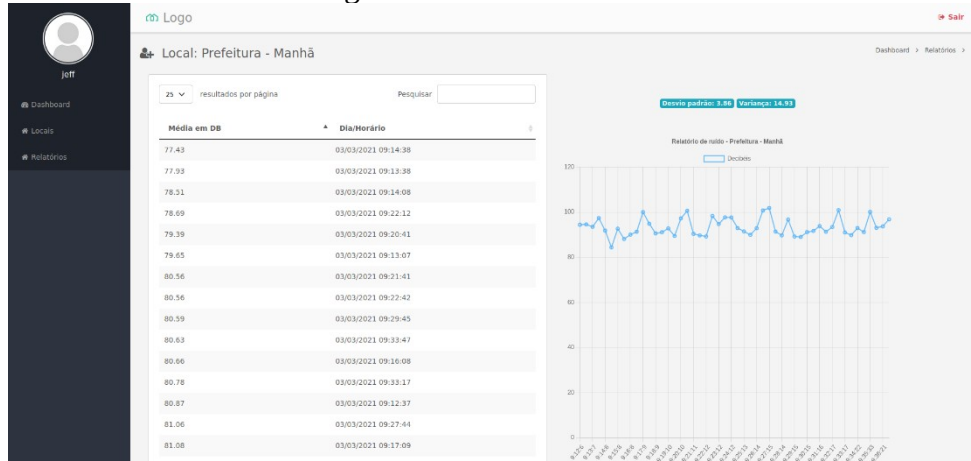
Figura 8- Tela de acompanhamento de ruído

Nível de ruído (DB)	Máxima exposição diária permissível
81	20 horas e 10 minutos
82	16 horas
83	12 horas e 41 minutos
84	10 horas e 04 minutos

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 8 mostra a tela de acompanhamento de ruído em tempo real. Essa tela mostra dados do local que está sendo capturado o ruído, mostra também as opções de escolha do tipo de alerta, o intervalo entre alertas que é uma funcionalidade que você pode ativar caso o número de alertas seja muito grande em um pequeno espaço de tempo, e também você pode alterar o limiar de ruído, ou seja, a partir de quantos decibéis será enviado o alerta. Além disso, há uma tabela informativa sobre os níveis de ruído e o tempo máximo que você deve ficar exposto ao ruído indicado.

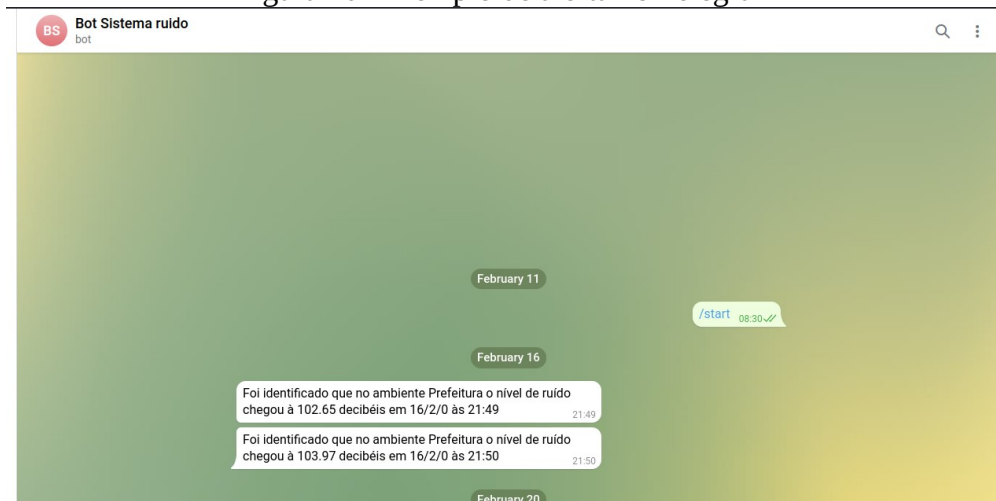
Figura 9- Tela de Relatórios



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 9 é a tela de relatórios onde é mostrado uma tela específica para cada local mostrando por meio de uma tabela os dados vindos do banco de dados, e logo ao lado uma visualização por meio de gráfico desses mesmos dados. No gráfico há também uma linha horizontal que fica marcada quando definimos o limiar de ruído. Essa linha facilita a visualização quando o ruído passa de seu limiar estabelecida pela norma NBR 10152 ou pelo próprio limiar configurado pelo usuário do sistema.

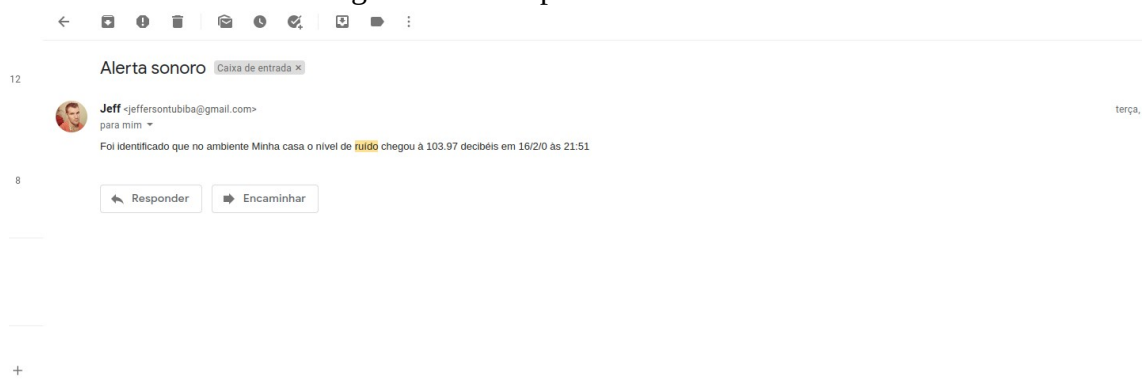
Figura 10- Exemplo de alerta no Telegram



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 10 mostra um exemplo de alerta enviado via Telegram utilizando o bot do Telegram que é o que permite a integração do Telegram com o sistema.

Figura 11- Exemplo de alerta no E-mail



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 11 mostra um exemplo de alerta enviado via E-mail para um e-mail de usuário cadastrado no sistema. Essa E-mail dá detalhes de qual o ruído que aquele determinado ambiente chegou e dá também detalhes de data e hora.

4.2 Testes e validação do protótipo

Nessa etapa foram feitos testes de checagem do aplicativo feito e de sua integração com o sistema web, dos intervalos entre as coletas e do funcionamento da comunicação via rede. Para a validação dos corretos níveis de ruídos em decibéis, foi utilizado um decibelímetro da marca BENETECH modelo GM1351. Também foi testado o tempo de requisição e resposta dos dados vindos do app para o servidor web, que como é uma conexão de websockets, depende inteiramente da rede. Isso é crucial para o bom funcionamento do protótipo bem como para suas funções de alarmes. O app foi calibrado levando em

consideração os dados do decibelímetro.

4.3 Execução do protótipo nos ambientes propostos

Para os experimentos do protótipo foram utilizados 2 locais. A Prefeitura Municipal de Madalena e o Hospital e Maternidade Mãe Totonha, ambos localizados na cidade de Madalena-CE. Para cada local, foi feita uma coleta de 30 minutos, sendo que na prefeitura foi coletado somente o período da manhã (em virtude de não haver expediente à tarde), e no hospital, foram feitas coletas no período da manhã e da tarde. As coletas foram feitas em dias úteis aleatórios, não havendo distinção de dia por movimento local ou atipicidade que justificasse outras medições. Vale destacar também, que o local específico onde o aplicativo ficava capturando o ruído era em local mais neutro onde ele pudesse capturar o ruído residual, não fazia muito sentido o aplicativo ficar muito perto de uma porta por exemplo que constantemente haveria alertas. Como ainda não é uma aplicação com vários aparelhos celulares, então o local exato onde ficava o aparelho sempre era um local mais neutro.

4.4 Envio de relatório por parte do protótipo para a instituição

Nessa parte, foi enviado à direção de cada estabelecimento público, um e-mail contendo os dados de ruído, bem como o link da norma ABNT NBR 10152 “Níveis de ruído para conforto acústico”, para que a direção de cada instituição tomasse conhecimento do nível de ruído que acometia sobre o ambiente, e comparasse com o que é dito com o nível de salubridade sonora estabelecido pela norma.

4.5 Formulário online sobre a usabilidade e utilidade do protótipo para controle de nível de ruído da instituição

Esse formulário foi distribuído para alguns colaboradores em cargos de gestão nos espaços testados, com o objetivo de saber o que as pessoas acharam da proposta do sistema, se elas sabiam que existia uma norma que fala sobre salubridade sonora, e se com base nos dados obtidos, poderia haver algo a ser feito para melhorar a condição de trabalho dos colaboradores no que tange ao conforto acústico.

5 RESULTADOS

Neste capítulo serão mostrados alguns resultados das coletas bem como se os ambientes propostos estão ou não dentro do padrão NBR 10152 “Níveis de ruído para conforto acústico”.

Foram feitas coletas em dias esporádicos em cada um dos locais. Na prefeitura em específico, não foi possível fazer coletas na parte da tarde porque durante a pandemia de Covid-19 o expediente está sendo até as 13:00.

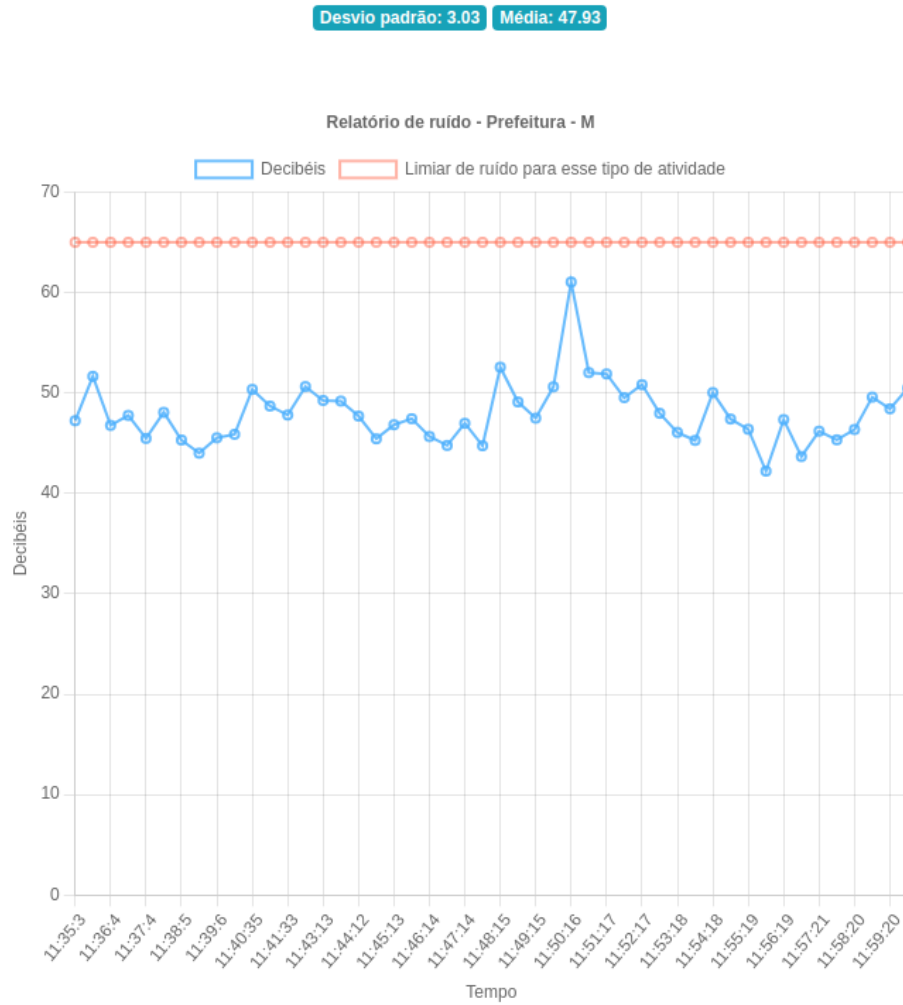
5.1 Coleta de dados

A coleta de dados foi feita em dias esporádicos durante a semana. O modelo de celular utilizado foi o Redmi Note 9s da Xiaomi.

5.1.1 Prefeitura

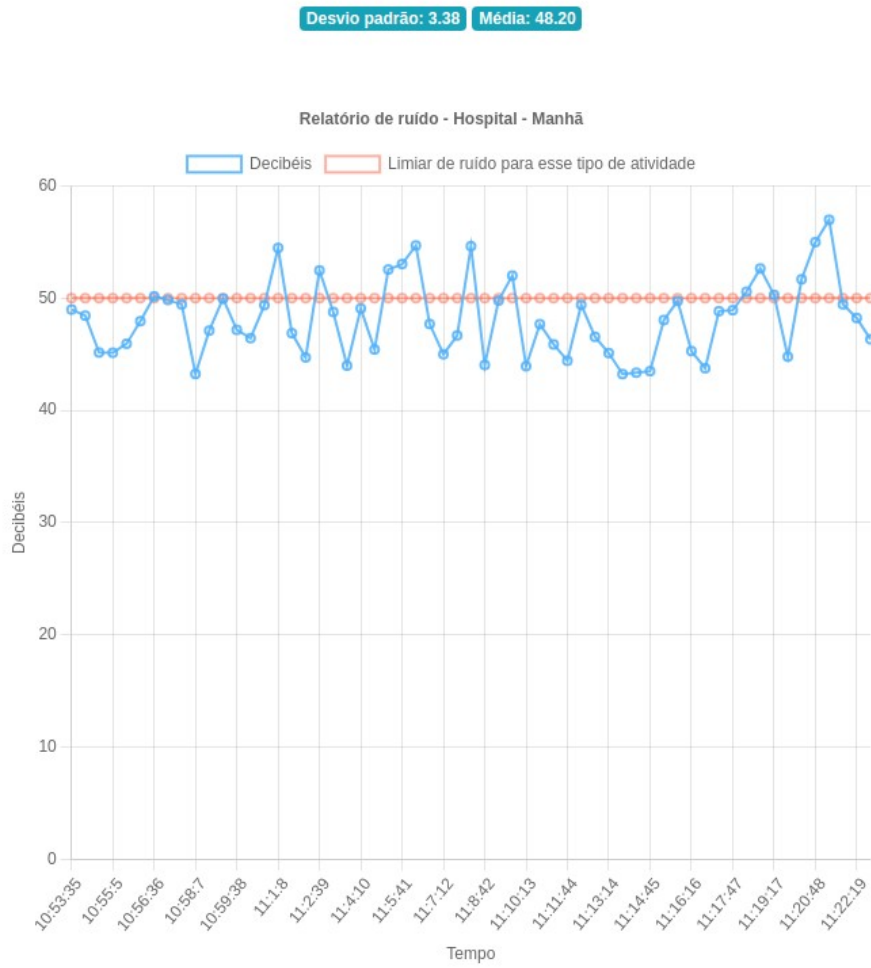
Como pode ser observado, a média do nível de ruído da prefeitura não foi tão acentuada, e não houve nenhuma quebra do limiar da norma. Vale ressaltar que o ambiente de uma prefeitura se enquadra como sendo “escritório e salas de computadores”, e de acordo com a NBR 10152 “Níveis de ruído para conforto acústico”, o limiar desse tipo de ambiente é de 65 decibéis.

Gráfico 1 - Prefeitura, manhã



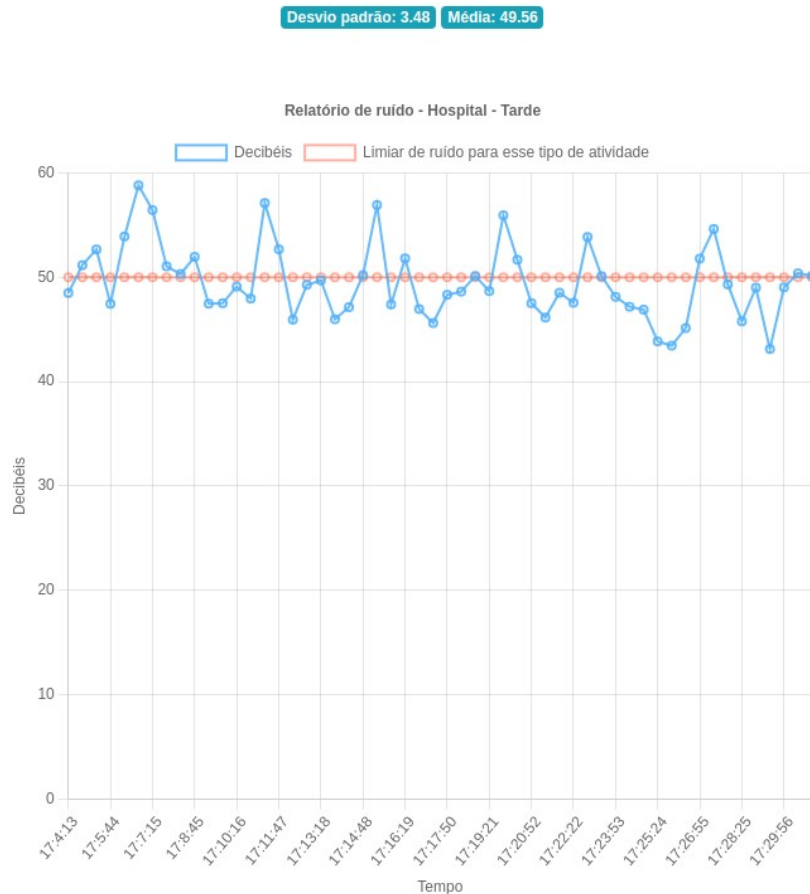
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 2 - Hospital Municipal de Madalena, manhã



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 3 - Hospital Municipal de Madalena, tarde



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados do hospital já são um pouco piores que os dados da prefeitura. Em ambos os turnos, pôde-se observar que em muitos momentos o limiar para ambientes do tipo hospitais que de acordo com a norma é 50, é atingido. Nesse caso, para não gerar vários alertas num curto espaço de tempo, foi configurado que o intervalo mínimo entre alertas seria de 5 minutos. Outro fato interessante de se notar, é que o ruído em geral foi maior na parte da tarde, tanto pela média ser maior, como pelo número de alertas. Pôde-se observar também que grande parte desse ruído se deve ao material de construção das instalações do hospital, cuja arquitetura propiciava o efeito de eco. No entanto, o fator humano era o maior causador de ruído. Conversas e tons inadequados para o ambiente eram frequentes. Os dados e norma foram encaminhados para os gestores.

5.2 Resultados do formulário pós trabalho

A seguir são listados alguns resultados sobre a pesquisa de eficácia do sistema, bem como algumas perguntas pertinentes sobre o quanto a pessoa acha importante o nível de ruído

para a produtividade e saúde do colaborador. Essa pesquisa foi feita com pessoas de cargos de gestão de ambos os ambientes testados, Hospital Municipal de Madalena e Prefeitura Municipal de Madalena, e o total de respostas obtidas foi 10. As perguntas do formulário seguem no Apêndice A.

Gráfico 4 - Proposta do Sistema

O que você achou da proposta desse sistema?

10 respostas

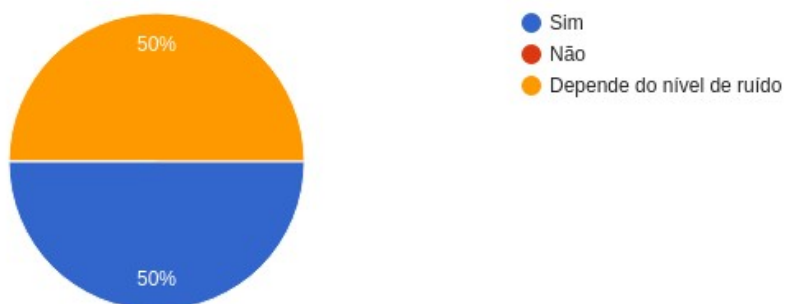


Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 5 - Ruído atrapalha?

Você acha que o nível de ruído pode atrapalhar as atividades de trabalho do seu ambiente?

10 respostas

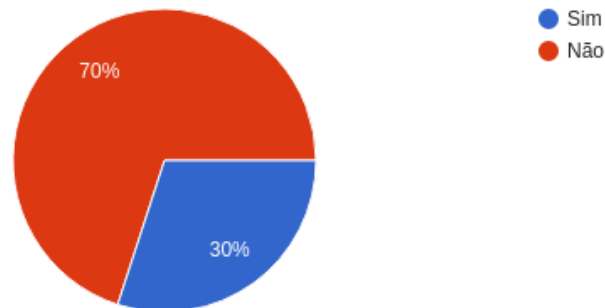


Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 6 - Norma NBR 10151

Você sabia que existe um norma(NBR 10152) que trata sobre qual quantidade de ruído é permitida para cada atividade e o tempo máximo que você pode ser exposto à esse ruído sem maiores problemas?

10 respostas

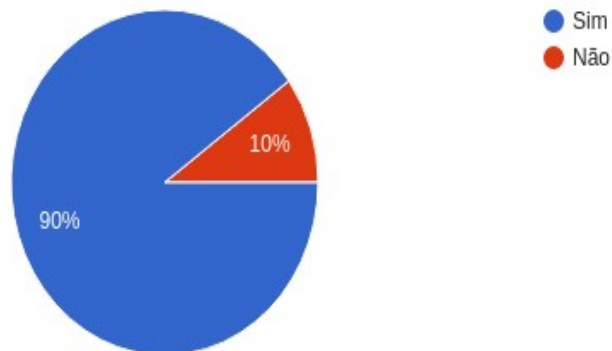


Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 7 - Efetividade de Alerta

O alerta via e-mail ou telegram foi efetivo para o controle de ruído?

10 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado com base nas respostas obtidas, 100% das pessoas acharam interessante a proposta do sistema, já na pergunta sobre se o nível de ruído pode atrapalhar nas atividades nas atividades desenvolvidas, ninguém respondeu “não”, ou seja, entendem que de alguma forma o ruído pode atrapalhar sim. A maioria dos gestores entrevistados não sabia que existia uma norma que falava sobre o nível de ruído, ou seja, foi mais um conhecimento

agregado, além do sinal de alerta para essas pessoas sobre o quanto o ruído pode afetar a vida do colaborador, principalmente a longo prazo. Sobre a pergunta se a instituição achava interessante ter os dados sobre ruído para a busca de melhores condições de trabalho para os colaboradores, 80% responderam que sim, e 20% ainda levam em consideração o custo disso. E sobre os alertas, 90% afirmaram terem sido efetivos.

6 CONCLUSÃO

O objetivo principal do trabalho foi atingido, que foi deixar as pessoas a par do quanto o ruído faz diferença tanto na questão de produtividade do colaborador quanto na própria saúde. É um mal que age silenciosamente e as pessoas não dão a devida importância, até mesmo por não terem noção disso. Como foi visto, a grande maioria não tinha conhecimento da norma ABNT NBR “Níveis de conforto acústico”. Como foi visto também com base na pesquisa, os gestores dos locais se mostraram interessados pela causa, e com base nos dados poderão traçar estratégias para manter seus ambientes com salubridade acústica para os que neles trabalham.

O código desse sistema é *open-source* para que a comunidade ou alguma entidade possa usá-lo e/ou melhorá-lo. Os repositórios tanto do aplicativo como do sistema web estão descritos no apêndice B. Acredito que ele possa vir a ser de grande ajuda para muitas outras instituições que queiram também medir o nível de ruídos de seus ambientes. Também contribui o fato de que a base do sistema é um aplicativo de celular em conjunto com um sistema web necessitando apenas de uma rede estável. Então, além de tudo é uma opção barata e uma solução com *hardware* muito fácil de adquirir.

Como trabalhos futuros, fica o desafio de fazer esse sistema funcionar de maneira distribuída. Ou seja, ter smartphones capturando o nível de ruído de vários ambientes de forma assíncrona onde um só sistema web pode receber as informações de todos os *smartphones*. O sistema atual já está parcialmente preparado para isso, já que a parte de cliente e servidor foi feita em cima de websockets. Então, seria basicamente fazer o sistema web ficar modular de forma que recebesse dados de múltiplos clientes que no caso seriam vários celulares.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Níveis de conforto acústico. [S.l], 1987

BANZI, Massimo; SHILOH, Michael. **Primeiros Passos com o Arduino**: a plataforma de prototipagem eletrônica open source. 2ª ed. [S.l]: Novatec Editora, 2015.

CELANI, A. C.; COSTA FILHO, O. A. O ruído em atividades de lazer para crianças e jovens. Pró-Fono. **Revista de Atualização Científica**. [S.l], v. 3, n. 2, p. 37-40, 1991.

CÂNDIDO, Antonio LM; JUCÁ, Sandro CS. **Monitoramento online de ruídos sonoros de bibliotecas utilizando o princípio internet das coisas**. Departamento de Telemática – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), 2017.

DREOSSI, Raquel Cecília Fischer; MOMENSOHN-SANTOS, Teresa. “O ruído e sua interferência sobre estudantes em uma sala de aula: revisão de literatura.” **Pró-Fono Revista De Atualização Científica**. [S.l], v. 17, n. 2, 2005, p.251–258. Doi:10.1590/s0104-56872005000200014.

FERNANDES, João Candido. **Acústica e ruídos**. Bauru: Unesp, v. 102, 2002.

FILLIETTAZ, André; BORIN, Edson. **Um Dispositivo IoT de Baixo Custo para Detecção de Poluição Sonora**. Relatório técnico, Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 2016.

GOMES, I. **Sistema de alerta por sms e e-mail**. 2014. 107 f. Monografia (Licenciatura em Informática de Gestão) - Universidade do Mindelo, Mindelo-São Vicente, Cabo Verde, 2014.

GÓMEZ, Jorge; HUETE, Juan F.; HOYOS, Oscar et al. Interaction System based on Internet of Things as Support for Education. **The 4th International Conference on Emerging Ubiquitous Systems and Pervasive Networks (EUSPN-2013) and the 3rd International Conference on Current and Future Trends of Information and Communication Technologies in Healthcare (ICTH)**. Procedia Computer Science, v.21, p. 132–139, 2013.

HALLIDAY, D. et al. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 8. Ed. v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

ISLAM, Raihan Ul; ANDERSSON, Karl; HOSSAIN, Mohammad Shahadat. Heterogeneous wireless sensor networks using CoAP and SMS to predict natural disasters. In: **IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOMWKSHPS)**. IEEE, [S.l.], 2017. p. 30- 35.

LANZA, B. B. B. **Configurações e modelo de negócios em governo móvel: o uso do short message service (sms)**. 2016. 251 f. Tese (Doutorado em Administração) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

LEMOS, André. **A comunicação das coisas: internet das coisas e teoria ator-rede**. Salvador: Etiquetas de Radiofrequência em Uniformes Escolares na Bahia, 2012.

MARQUES, G.; PITARMA, R. Agricultural environment monitoring system using wireless sensor networks and IoT. In: 2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). **Anais...** [S.l.], 2018.

MORAIS, C. et al. Donuts: um bot como instrumento facilitador do processo de ensino aprendizagem na disciplina “construção de algoritmos”. **Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação**. [S.l.], v. 1, n. 7, 2017. ISSN 2446-7634.

RUI, Laura Rita; STEFFANI, Maria Helena. Física: som e audição humana. **Simpósio**

Nacional de Ensino de Física. São Luís, 2007, p. 1-6.

FILUS, Walderes Aparecida et al. Ruído e seus impactos nos hospitais brasileiros: uma revisão de literatura. **Revista CEFAC.** [S.l], v. 16, p. 307-317, 2014.

FOGOLA, Jacopo; MASERA, Stefano; BEVACQUA, Vincenzo. Smartphone as noise level meter. In: **Proc. of the 22nd Int. Congress on Sound and Vibration.** [S.l], 2015. p. 110-117.

APÊNDICE A

FORMULÁRIO PÓS-TRABALHO

Formulário - Sistema de ruído

Esse formulário tem por objetivo coletar feedbacks sobre o sistema de medição de ruído em tempo real proposto. Esse sistema tem por objetivo fazer uma medição de ruído de alguns ambientes de trabalho para assim constar de acordo com algumas normas existentes na ABNT, se esse ambiente está propício ou não para o trabalho realizado. São perguntas pertinentes ao uso do sistema, se a pessoa considera esses dados importantes, etc

*Obrigatório

1. O que você achou da proposta desse sistema? *

Marcar apenas uma oval.

- Boa
 Não tão boa
 Não vejo sentido

2. Você acha que o nível de ruído pode atrapalhar as atividades de trabalho do seu ambiente? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Depende do nível de ruído

3. Você sabia que existe uma norma(NBR 10152) que trata sobre qual quantidade de ruído é permitida para cada atividade e o tempo máximo que você pode ser exposto à esse ruído sem maiores problemas? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

4. Acha importante a medição do nível de ruído em atividades de trabalho, para ter dados sobre o dia-a-dia, e buscar formas de deixar a acústica melhor, consequentemente aumentando a produtividade e saúde do colaborador? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Depende do custo disso

5. O alerta via e-mail ou telegram foi efetivo para o controle de ruído?

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

APÊNDICE B

Repositório do aplicativo de medição de ruído

https://bitbucket.org/jeffersonsevero/app_tcc/src/master/

Repositório do sistema web

https://bitbucket.org/jeffersonsevero/sistema_ruído/src/master/