

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA  
CURSO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA

RODRIGO FERREIRA DOS ANJOS

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE IDENTIFICAÇÃO DAS LINHAS DE  
ÔNIBUS NO TRANSPORTE COLETIVO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2018

RODRIGO FERREIRA DOS ANJOS

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE IDENTIFICAÇÃO DAS LINHAS DE  
ÔNIBUS NO TRANSPORTE COLETIVO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Eletrônica da Coordenação de Engenharia Eletrônica - COELE - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Toledo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletrônico.

Orientador: Prof. Dr. Andrés Eduardo Coca Salazar.

TOLEDO

2018



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso Nº 49

### **Desenvolvimento de um protótipo de identificação das linhas de ônibus no transporte coletivo**

por

**Rodrigo Ferreira dos Anjos**

Esse Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 13h do dia **03 de dezembro de 2018** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Eletrônica**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

---

Prof. Bruno Meneghel Zilli  
(UTFPR-TD)

---

Prof. Djones Aldivo Boni  
(UTFPR-TD)

---

Prof. Andrés Eduardo Coca Salazar  
(UTFPR-TD)  
Orientador

**Visto da Coordenação**

---

Prof. Fabio Rizental Coutinho  
Coordenador da COELE

Dedico este trabalho à meus familiares pelo apoio constante,  
e à minha filha para um dia incentivá-la.

*Na beira de um precipício, só há uma maneira de seguir adiante: dar um passo atrás.*

G. K. Chesterton

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo dom da vida. Agradeço ao meu pai quem teve empenho maior que o meu para que eu pudesse chegar aqui.

Agradeço aos meus orientadores ocultos, a quem devo o tema e visão empreendedora deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador, por sua ajuda e paciência que teve comigo em nosso tempo de trabalho conjunto.

## RESUMO

ANJOS, Rodrigo Ferreira. Desenvolvimento de um protótipo de identificação das linhas de ônibus no transporte coletivo. 2018. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Bacharelado em Engenharia Eletrônica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2018.

A Microeletrônica é uma área da Engenharia em ascensão, que associada à inclusão social possibilita a construção de aparelhos de baixo custo, afim de proporcionar mais conforto, e trazer melhorias para o cotidiano das pessoas com necessidades especiais. A maioria das cidades brasileiras não oferecem serviço especializado na identificação de transporte público para pessoas que possuem debilidades na visão. Portanto, um sistema eletrônico para identificar linhas de ônibus intensifica a inclusão social e permite que o usuário tenha mais segurança e autonomia na hora de embarcar em um ônibus. Por exemplo, em João Pessoa-PB, um grupo de estudantes construíram um aparelho de uso individual, que faz o motorista de ônibus estar ciente que há um deficiente visual em um determinado ponto, também em Natal-RN a prefeitura instalou placas em braile nas plataformas com as linhas que operam naquele local. Neste trabalho é apresentado uma proposta para identificação de linhas de ônibus de uso coletivo. O principal objetivo é a interação direta com os passageiros que necessitam do serviço de identificação do ônibus. O sistema possui dois aparelhos, um instalado no ônibus e outro no ponto de embarque. A identificação se dá por meio de áudio em auto falantes, informando aos passageiros, no ponto, o nome da linha do ônibus que se aproxima. O sistema se comunica entre si por meio de antenas de radio frequência, cada aparelho recebe um microcontrolador, programado para controlar o fluxo de informação entre ônibus e ponto de embarque. A linha de um ônibus é anunciada no momento em que o ônibus se aproxima do ponto, em seguida esta mesma linha é ignorada, por um determinado tempo para evitar o tráfego de informações repetidas. O sistema foi testado com carro de passeio para medir o alcance das antenas, bem como a funcionalidade do programa. O programa correspondeu com as exigências do projeto, porém as antenas não atenderam às especificações de alcance do fabricante. Pode-se obter um alcance maior de comunicação entre os sistemas, substituindo as antenas por outros modelos em que as configurações seja de fácil adaptação no código fonte, contudo, o sistema funcionou com boa qualidade de áudio e sem repetições.

**Palavras-chave:** Comunicação sem fio, acessibilidade, transporte público.

## ABSTRACT

ANJOS, Rodrigo Ferreira. Development of a prototype of identification of bus lines in public transport. 2018. 42f. Final Project Report (Bachelor's Degree in Electronics Engineering), Federal University of Technology - Paraná, Toledo, 2018.

Microelectronics is an area of engineering that is linked to social inclusion and enables the construction of low-cost devices in order to provide more comfort and bring improvements to the daily lives of people with special needs. Most Brazilian cities do not offer specialized service in the identification of public transportation, for people who have weaknesses in the vision. With an electronic system to identify bus lines, it intensifies social inclusion and allows the user to have more security and autonomy when boarding a bus. In João Pessoa-PB, a group of students built a device for individual use, which makes the bus driver be aware that there is a visual deficiency at a certain point, in Natal-RN the city has installed plaques in Braille on the platforms with the lines which operate there. This paper presents a proposal for the identification of bus lines for collective use. The main objective is the direct interaction with passengers who need the bus identification service. The system has two devices, one installed in the bus and another at the point of shipment. The identification is by means of audio in speakers, informing the passengers, at the point, the name of the line of the approaching bus. The system communicates with each other through radio frequency antennas, each device receives a microcontroller, programmed to control the flow of information between buses and the point of shipment. The line of a bus is announced the moment the bus approaches the point, then this same line is skipped, for a certain time to avoid the traffic of repeated information. The system has been tested with carriage to measure the range of the antennas as well as the functionality of the program. The program met the design requirements, but the antennas did not meet the manufacturer's reach specifications. A greater range of communication between systems can be achieved by replacing antennas with other models where the settings are easy to adapt to the source code, however, the system worked with good audio quality and no repetitions.

**Keywords:** Wireless communication, accessibility, public transport.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Modelos de <i>mouse</i> modificados para pessoas com necessidades especiais. a) Roller Mouse; b) Mouse especial. . . . .	5
Figura 2:	Teclado que converte texto em escrita Braille. . . . .	6
Figura 3:	Comparação de tamanho entre uma válvula (a) com os primeiros transistores de germânio (b). . . . .	7
Figura 4:	Aquitetura de um microcontrolador genérico. . . . .	7
Figura 5:	Exemplos de Modulação AM, PM e FM. . . . .	9
Figura 6:	Exemplos de Modulação FSK. . . . .	9
Figura 7:	Diagrama de blocos de um modulador GFSK. . . . .	10
Figura 8:	Modelo simplificado do sistema em operação. . . . .	11
Figura 9:	Diagrama de blocos do módulo de Ponto de Embarque. . . . .	12
Figura 10:	Diagrama do circuito do módulo de Ponto de Embarque. . . . .	13
Figura 11:	Diagrama do circuito do módulo do Ônibus. . . . .	13
Figura 12:	PCI do circuito do módulo do Ônibus. . . . .	14
Figura 13:	Microcotrolador família PIC 16F877A. . . . .	14
Figura 14:	Módulo de áudio MP3 TF 16P. . . . .	15
Figura 15:	Tranceptor nRF24L01. . . . .	16
Figura 16:	Fluxograma simplificado da sequência de funcionamento dos microcontroladores. . . . .	17
Figura 17:	Exemplo de fluxo de ônibus e posicionamento de pontos em uma cidade. . . . .	19
Figura 18:	Diagrama de blocos do funcionamento do sistema Parte 1. . . . .	20
Figura 19:	Diagrama de blocos do funcionamento do sistema Parte 2. . . . .	22
Figura 20:	Diagrama de blocos do funcionamento do sistema Parte 3. . . . .	23
Figura 21:	Diagrama de blocos do funcionamento do sistema Parte 4. . . . .	24

Figura 22: Carregador de bateria de celular adaptado para alimentar circuito 12 V. . . . .	25
Figura 23: Auto falante 3 W conectado na PCI Ponto. . . . .	26
Figura 24: Resultado dos testes de alcance das antenas de acordo com a potência configurada. . . . .	28
Figura 25: Módulos, componentes e PCIs do protótipo. . . . .	29

## LISTA DE TABELAS

1	Comparativo entre dois orçamentos dos componentes do circuito do ônibus . . . . .	27
2	Comparativo entre dois orçamento dos componentes do circuito Ponto de Embarque . . . . .	27

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

CAT	Comitê de Ajudas Técnicas
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
CI	Circuito Integrado
CPU	Unidade Central de Processamento
dB	Decibel
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
FSK	Frequency Shift Keying
GFSK	Gaussian Frequency Shift Keying
I/O	Input/Output
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LCD	Liquid Crystal Display
MPEG	Moving Pictures Expert Group
PCI	Placa de Circuito Impresso
RF	Radiofrequência
RISC	Reduced Instruction Set Computer
SD	Secure Digital Card
SPI	Serial Peripheral Interface
TA	Tecnologia Assistiva
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
ULA	Unidade Lógica Aritmética
V	Volts
W	Watts

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
2.1	OBJETIVO GERAL	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>5</b>
4.1	TECNOLOGIA ASSISTIVA	5
4.2	SISTEMA MICRO-CONTROLADO	6
4.2.1	Microcontroladores	8
4.3	SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO	8
4.4	ESTUDO ESTATÍSTICO	9
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>11</b>
5.1	MATERIAIS	13
5.1.1	Microcontrolador PIC 16F877A	14
5.1.2	Módulo de áudio MP3	15
5.1.3	MP3-TF-16P	15
5.1.4	nRF24L01	16
5.2	MÉTODOS	16
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>25</b>
6.1	DISCUSSÕES	29
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>31</b>
7.1	MELHORIAS FUTURAS	32

<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>33</b>
<b>APÊNDICE A - CÓDIGO FONTE DO MICROCONTROLADOR QUE GEREN- CIA DADOS DO ÔNIBUS .....</b>	<b>35</b>
<b>APÊNDICE B - CÓDIGO FONTE DO MICROCONTROLADOR QUE GEREN- CIA DADOS NO PONTO DE EMBARQUE .....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 7,4% da população brasileira é idosa e 18,8% são deficientes visuais. O grau de severidade de cada deficiência visual, auditiva ou motora é definida por pessoas que se auto-declaram ter grande dificuldade de ver, ouvir ou se locomover (IBGE, 2010). A investigação dos graus de severidade de cada deficiência faz conhecer a fração de pessoas com deficiência grave, que constitui o principal alvo das políticas públicas para esta população. Com o avançar da idade associada a doenças, as habilidades sensoriais são reduzidas, sendo a visão o sentido que mais afeta a mobilidade (RICCI *et al.*, 2009). Os problemas de visão, seja por deficiência, doenças ou avanço da idade, afetam diretamente na locomoção de pessoas que vivem principalmente em centros urbanos, onde o trânsito é intenso e o ritmo de vida é acelerado. Apesar dos problemas, pessoas idosas ou deficientes visuais levam uma vida pseudo independentes, trabalham, estudam, saem para passear, etc; e por causa de suas debilidades utilizam o transporte público para seus deslocamentos.

Neste panorama e atado às definições de Tecnologia Assistiva (TA) é que se propõe desenvolver um aparelho que auxilia na identificação da linha do transporte coletivo como ferramenta de inclusão social. O termo TA é recente e pode ser definido como o conjunto de recursos e serviços aplicados às pessoas com deficiências a fim de melhorar a qualidade de vida (SONZA *et al.*, 2013).

Aparelhos para auxiliar deficientes visuais no transporte público já existem em cidades brasileiras. João Pessoa e Belo Horizonte obtiveram sistemas em que o deficiente visual, portando um aparelho do tamanho de um celular, teria capacidade de identificar o ônibus desejado dentre todos aqueles que passam pelo mesmo ponto. Como exemplo, o projeto MIRU, desenvolvido por estudantes do Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) no estado da Paraíba funciona da seguinte forma: um usuário escolhe por uma tecla a linha de ônibus em que deseja embarcar, em seguida um sinal referente àquela linha é transmitido em um raio de pequeno alcance em torno do ponto em que o usuário se encontra, o sinal é transmitido através de um microcontrolador e antenas de rádio frequência; na outra parte da comunicação,

tem-se instalado no ônibus um aparelho com receptor de rádio frequência e microcontrolador, que identificam o sinal recebido e informa o motorista, por meio de *beep* e sinal luminoso, que há uma pessoa esperando aquela linha (PRUDENTE *et al.*, 2007).

Neste trabalho, apresenta-se uma proposta diferenciada ao projeto MIRU, constitui-se um sistema de comunicação entre o ônibus e ponto de ônibus. O passageiro é informado da linha do ônibus que se aproxima do ponto de parada por meio de áudio, gravado em cartão de memória, conectado ao circuito localizado no ponto. Dessa maneira toda a comunidade é atendida pelo sistema incluindo os deficientes visuais, idosos e analfabetos.

O projeto é dividido em duas partes. Um aparelho instalado no ônibus que faz a transmissão de um pacote de dados, contendo o número da frota e a linha que percorre, este aparelho possui antena transreceptoras para a troca de informações, microcontrolador para organizar as mensagens, *display* (LCD) para visualização dos dados da frota e linha do ônibus, e um teclado para configuração. O segundo aparelho é instalado no ponto de ônibus, de igual forma possuindo microcontrolador, antena, e sistema de áudio composto de módulo MP3 e auto-falantes.

O sistema completo foi adaptado para ser testado em carro de passeio, com isso foi possível medir a distância em que um veículo, em movimento, troca informações com um ponto fixo, além de verificar a funcionabilidade do código fonte. Nestes teste determinou-se o alcance máximo das antenas e o tempo de ociosidade, necessário para que um ônibus não ocupe o canal de comunicação a ser utilizado por outro ônibus.

Este documento está dividido em sete capítulos. Os Capítulos 1, 2 e 3 respectivamente, apresentam a introdução, os objetivos e a justificativa. No Capítulo 4, é abordado a teoria relacionada à proposta deste projeto. Os materiais utilizados para a confecção do protótipo é apresentado no Capítulo 5 e, no 6º Capítulo apresenta-se os resultados dos experimentos. Por fim, no Capítulo 7 é destinado às conclusões e considerações finais e ainda, apresenta uma proposta de melhorias futuras.



## 2 OBJETIVOS

Os objetivos, geral e específicos, deste trabalho são apresentados neste capítulo.

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Projetar e executar um sistema de comunicação para o transporte urbano que interage com os passageiros, principalmente àqueles que possuem deficiência visual, de modo a auxiliar na identificação das linhas de ônibus do transporte urbano.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Projetar um sistema que seja capaz de ser ouvido a uma distância de 5 metros.
- Desenvolver um sistema para auxiliar deficientes visuais, de qualquer grau de severidade, que possa ser replicado a baixo custo.
- Obter um sistema que forneça um tempo de resposta suficiente para que o passageiro possa tomar uma ação.
- Priorizar o uso de módulos eletrônicos, visando facilitar as atualizações, manutenções, adaptações e melhorias futuras.

### 3 JUSTIFICATIVA

A acessibilidade exigida em ponto de embarque e desembarque é destinado à pessoas com incapacidade de locomoção. Não existem leis municipais e/ou federais que incentivem a adaptação de um ponto especial para deficientes visuais, isso inibe o interesse em desenvolver tecnologias para este fim.

Em uma situação em que um deficiente visual esteja no ponto esperando ônibus, e que este esteja familiarizado com o horário da linha desejada, ainda é necessário pedir por ajuda para identificar o ônibus que se aproxima. Considerando agora a possibilidade em que o usuário está sozinho, ou que não tenha pessoas com bom senso em oferecer ajuda ao deficiente visual, cria-se assim uma situação de insegurança e constrangimento àqueles que mais necessitam do serviço de transporte público.

No contexto de Tecnologia Assistiva é que se propõe desenvolver um aparelho que auxilie pessoas com certas dificuldades a realizarem tarefas do dia-a-dia, como fazer uso do transporte coletivo. Um dos projetos que existem para este fim é constituído por um aparelho de uso individual, e portanto, necessitando que o usuário adquira o seu para usufruir do serviço de rastreamento.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é abordado a teoria pertinente ao desenvolvimento de produtos destinados à acessibilidade em modo geral, bem como à teoria associada na transmissão de dados pelo ar.

### 4.1 TECNOLOGIA ASSISTIVA

O Governo Federal, através da Portaria nº 142, instituiu o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT) com o objetivo de aprimorar a Tecnologia Assistiva no Brasil (BRASIL, 2009). O objetivo desta sigla é nivelar às pessoas com deficiência, idosos e gestantes no quesito de mobilidade para que possam competir por educação, cultura, trabalho e lazer.

Este termo foi criado para promover a acessibilidade através da multidisciplinaridade, seja por novas tecnologias, novos métodos de ensino, ou novos conceitos na construção civil, por exemplo as calçadas com rampa para cadeirantes.

Pode-se citar outros exemplos de Tecnologia Assistiva em produtos relacionados com a informática, como impressoras em braille, ou a adaptação de *mouse* para deficientes Figura 1. Outro dispositivo chamado “Linha Braille” que conectado ao computador, traduz textos em escrita braille, formando os caracteres ao alterar o posicionamento de pinos em uma fita, Figura 2, (FILHO, 2009).



**Figura 1: Modelos de *mouse* modificados para pessoas com necessidades especiais. a) Roller Mouse; b) Mouse especial.**  
**Fonte:** (FILHO, 2009)



**Figura 2: Teclado que converte texto em escrita Braille.**

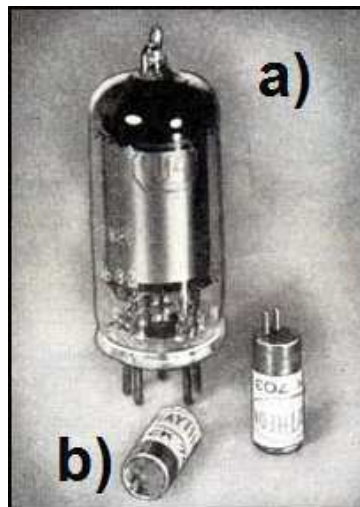
**Fonte:** (FILHO, 2009)

#### 4.2 SISTEMA MICRO-CONTROLADO

Com a descoberta do transistor em 1947, pôde-se substituir os amplificadores à válvulas dos circuitos eletrônicos, impactando no tamanho dos aparelhos. Na Figura 3, é apresentado um comparativo de tamanho entre uma válvula e um transistor. Com o passar dos anos, novas técnicas de fabricação do transistor foram surgindo, dando origem ao transistor plano em 1959, e com isso pôde-se criar os Circuitos Integrados (CI), formados pela interligação de vários transistores em um único encapsulamento. Nos dias atuais existem variedades de CIs com milhares de transistores no mesmo substrato, e com dimensões que cabem na palma da mão, conseqüentemente um único transistor tem dimensões micrométricas, por esse motivo é denominado microeletrônica os circuitos constituídos por CIs, (GUTIERREZ, 2009), surgindo dessa forma os microcontroladores.

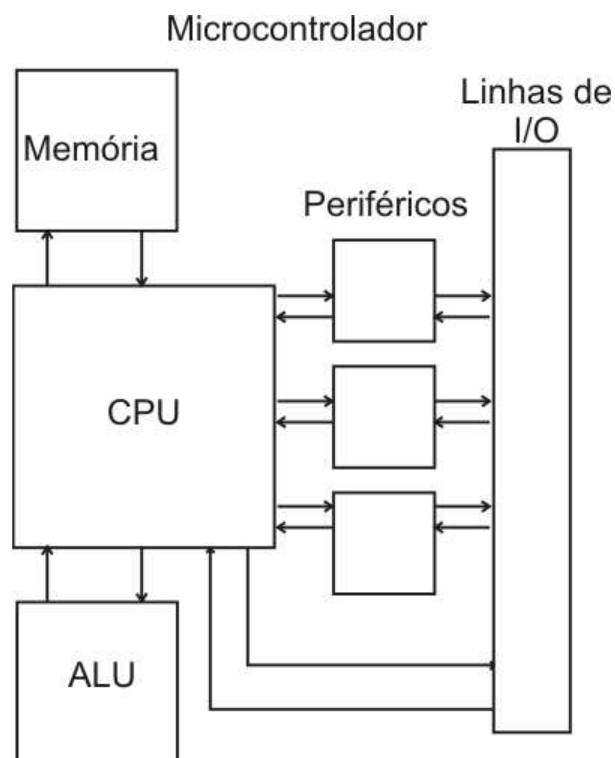
Microcontroladores são CIs que possuem circuitos bem definidos no seu encapsulamento, podem-se citar, as memórias, os contadores e conversores A/D, por exemplo. A vantagem de possuir vários desses circuitos integrados no mesmo *chip* é que as informações trafegam mais rápido por menor consumo de energia, além de preservar a integridade do circuito, tanto em relação a montagem quanto à segurança contra cópias do mesmo (FERLIN, 1998). Na Figura 4 é mostrado um microcontrolador a partir da sua construção. No entanto, a principal característica de um microcontrolador é a que são CIs programáveis, atributo de grande utilidade para desenvolver e principalmente alterar projetos.

No mercado atual existem grandes variedades de microcontroladores. As diferenças estão no número de portas, velocidade de processamento e quantidade de



**Figura 3: Comparação de tamanho entre uma válvula (a) com os primeiros transistores de germânio (b).**

Fonte: (FAZANO, 2018)



**Figura 4: Aquitetura de um microcontrolador genérico.**

Fonte: (SOARES, 2018)

memória. Os mais utilizados são os de 8 bits que possuem plataformas de programação de fácil entendimento, possibilitando a um leigo com poucas horas de estudo, programar um microcontrolador.

#### 4.2.1 Microcontroladores

Microcontroladores são Circuito Integrado (CI) programáveis para realizar tarefas, processam informações internas da memória de programas, e informações externas das leituras dos pinos de I/O. São microcomputadores em um único encapsulamento que contém, memória de programa, memória de dados, Unidade Lógica Aritmética (ULA), Unidade Central de Processamento (CPU) e *Input/Output* (I/O), sua capacidade é medida de acordo com a velocidade o número de bits que processa, os mais comuns são os processadores de 8 bits por serem os mais baratos (IBRAHIM, 2008).

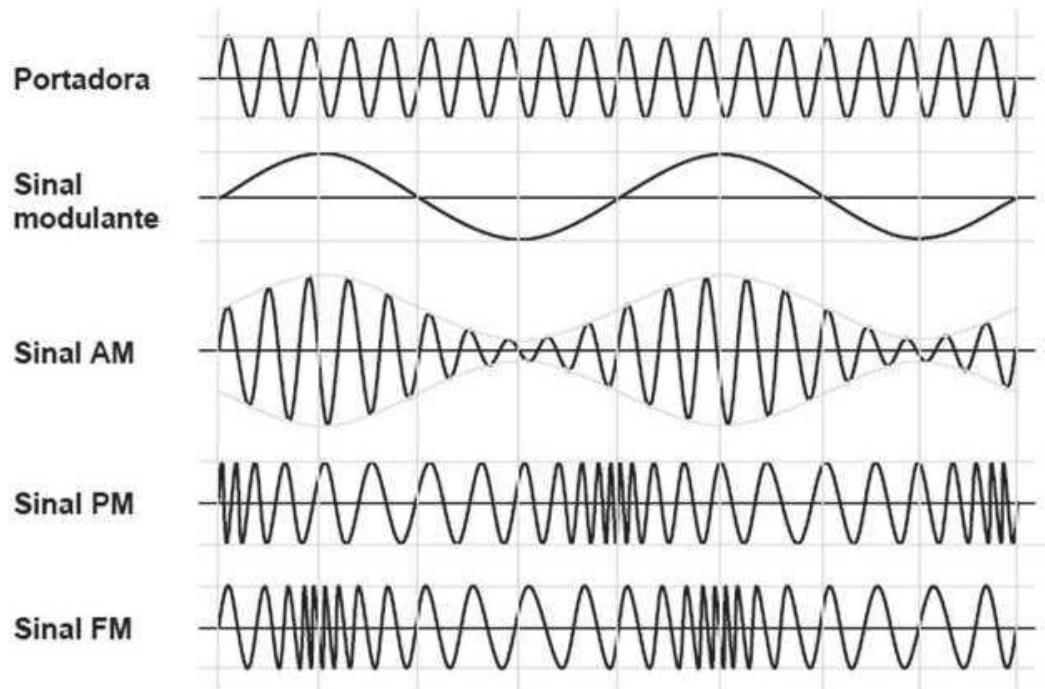
#### 4.3 SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO

É possível fazer transmissão de dados pelo ar com aparelhos de pequeno porte devido a uma técnica chamada modulação. O resultado da modulação é o sinal modulado, em que se translada o sinal da mensagem para uma frequência superior à frequência em banda base (CARLSON *et al.*, 1937).

Um comparativo entre modulações AM, PM e FM é mostrado na Figura 5, pode-se notar as alterações de amplitude e frequência que um sinal modulante sofre com o processo de modulação. Esta técnica envolve dois sinais no domínio do tempo, a onda modulante que representa a mensagem, e a portadora, que representa um sinal que faz o transporte da mensagem.

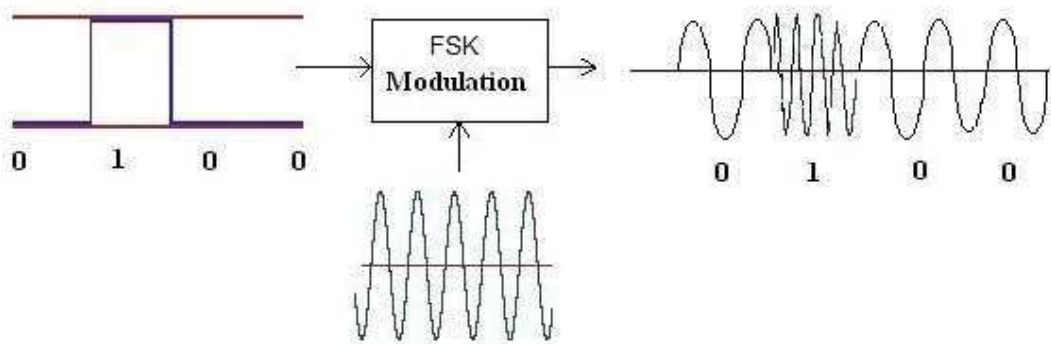
Outro tipo de modulação utilizado é o *Gaussian Frequency Shift Keying* (GFSK). A modulação GFSK pode ser comparada à modulação *Frequency Shift Keying* (FSK), acrescentando um filtro Gaussiano na entrada do modulador/demodulador, além da vantagem de reduzir o ruído na entrada do receptor, diminui a largura de banda de transmissão (CHANG, 2009). Na Figura 6, tem-se um exemplo de um modulador FSK, em que adicionando um filtro gaussiano na entrada do modulador, obtém-se um modulador GFSK.

Na Figura 7, apresenta-se um diagrama de blocos de um modulador GFSK. Após passar por um integrador, um sinal (NRZ) passa por um Filtro Gaussiano, após isto é modulado para ser transmitido.



**Figura 5: Exemplos de Modulação AM, PM e FM.**

**Fonte:** (MARINHO, 2007)

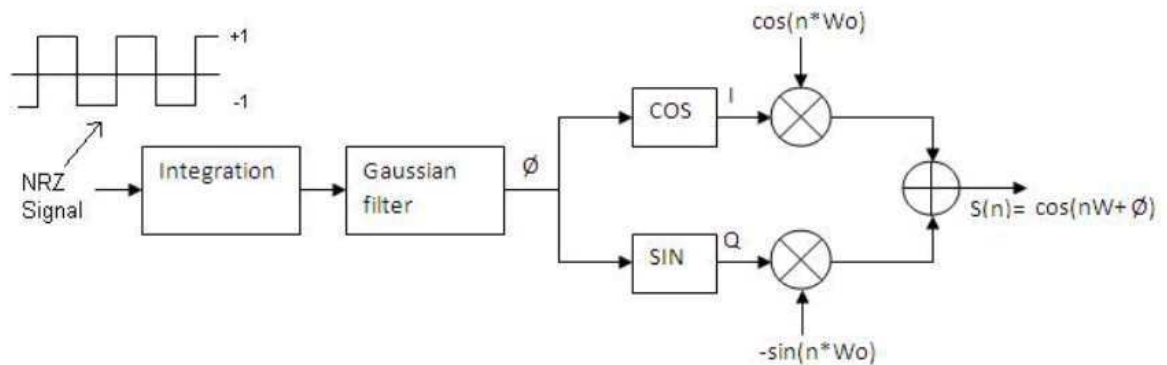


**Figura 6: Exemplos de Modulação FSK.**

**Fonte:** (RF-Wireless, 2018)

#### 4.4 ESTUDO ESTATÍSTICO

O estudo estatístico associado a uma pesquisa, ou trabalhos acadêmicos visa a confiabilidade do fenômeno estudado. É o processo de coleta, classificação, apresentação, análise e interpretação de dados (CORREA, 2003). A partir da repetição de um experimento, que pode apresentar resultados com valores aleatórios, é possível avaliar e determinar alguns parâmetros que facilitam a tomada de decisão do estudo, a Média, a Variância e o Desvio Padrão, são exemplos desses parâmetros.



**Figura 7: Diagrama de blocos de um modulador GFSK.**

**Fonte:** (RF-Wireless, 2018)

A média aritmética é calculada conforme a Equação (1), é o valor resultante da divisão de todos os elementos somados, pela quantidade de elementos. A variância leva em consideração os valores extremos e os valores intermediários, Equação (2). E a Equação (3) representa o desvio padrão, é a medida mais usada na comparação de diferenças entre conjuntos de dados, por ter grande precisão.

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

$$var = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (2)$$

$$DP = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

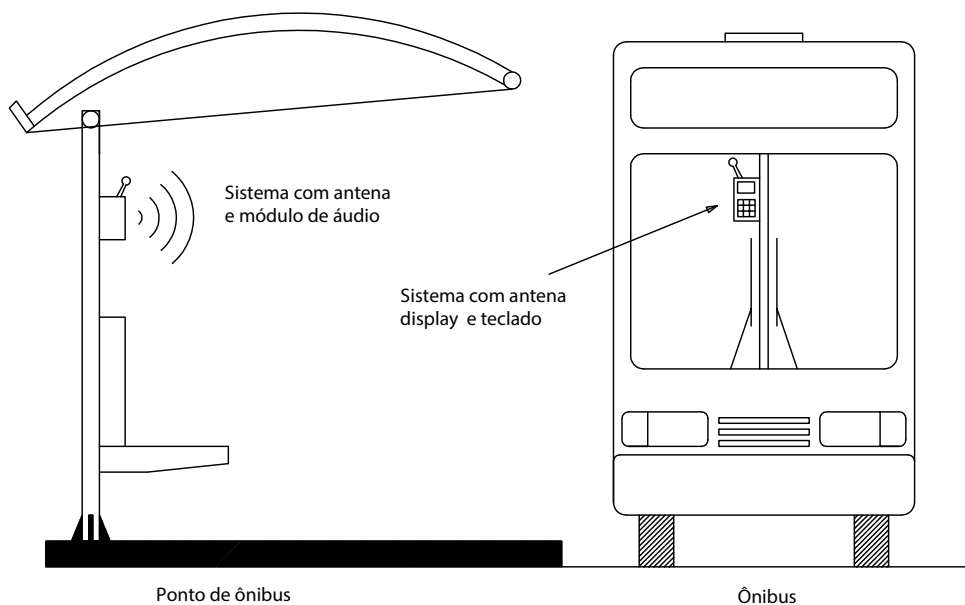
Onde:

- M: Média aritmética;
- var: variância;
- DP: desvio padrão.



## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

O funcionamento do sistema se dá através de troca de informações entre ônibus e ponto de embarque. O ponto de embarque é que habilita ou desabilita a transmissão de um ônibus, que por sua vez, deve transmitir o número da frota e o número da linha que percorre. Para tal, o sistema proposto possui um componente que gerencia o tráfego de dados, o microcontrolador, dispositivo programável que controla o fluxo de dados entre os dois circuitos, sendo assim, tanto o aparelho instalado no ponto quanto o que está instalado no ônibus possuem um microcontrolador. Na Figura 8, é apresentado um modelo de como o sistema funciona na prática. A comunicação acontece na aproximação de um ônibus a um ponto de embarque, neste momento acontece a troca de informações, em que o ônibus é anunciado com o nome da linha que circula.

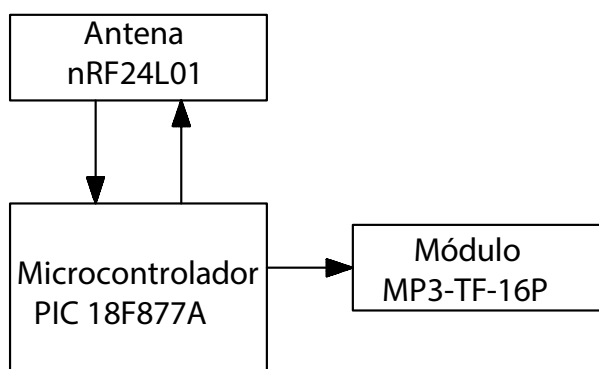


**Figura 8: Modelo simplificado do sistema em operação.**

**Fonte:** Autoria própria

No ponto de embarque os passageiros são informados por meio de áudio o nome da linha de cada ônibus que se aproxima do ponto. O áudio em formato MP3 é processado por um módulo que converte um arquivo digital em sinal de áudio. Este módulo obedece aos comandos enviados pelo microcontrolador, que executa funções

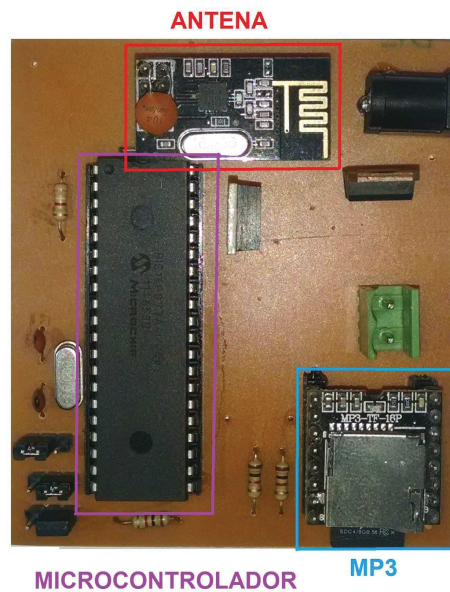
como o volume e a seleção de áudio a ser reproduzido. A Figura 9 apresenta um diagrama de blocos com os periféricos que compõem o circuito instalado no ponto de embarque. Logo na sequência, Figura 10, é mostrada a disposição dos módulos na placa de circuito impresso. A antena tem a função de converter um sinal digital em ondas eletromagnéticas, alterando as características de tensão e frequência para adequar o sinal ao canal de transmissão que é o ar (essa técnica é denominada modulação (HAYKIN; VEEN, 2001)). O módulo MP3, executa funções de reprodução de áudio através de comandos recebidos pelo canal serial. Por fim, tem-se o microcontrolador que processa as configurações dos periféricos, bem como as informações transmitidas e/ou recebidas, além de controlar o módulo MP3.



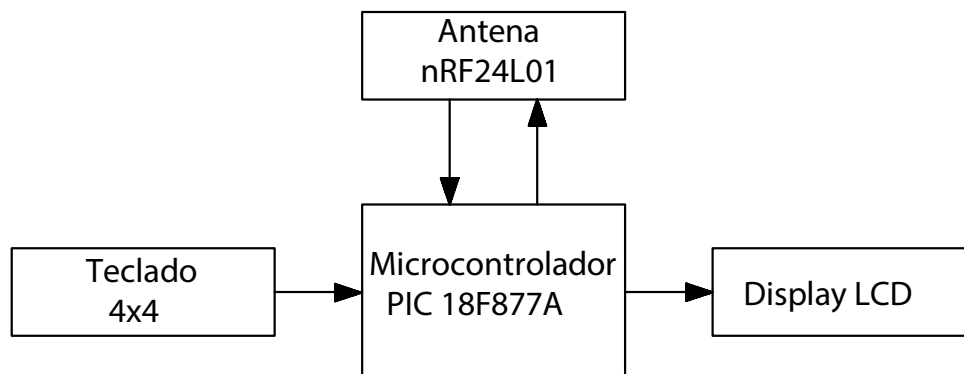
**Figura 9: Diagrama de blocos do módulo de Ponto de Embarque.**

**Fonte:** Autoria própria

Na Figura 11 são mostrados os periféricos que compõem o circuito do ônibus, e a disposição dos módulos na placa de circuito impresso é apresentada na Figura 12, os quais são usados para a comunicação com o motorista, ou o agente que manipula o aparelho. O teclado matricial tem função de inserir dados ao sistema, que podem ser do tipo número ou comando. Os números de 0 a 9, identificam a linha e a frota do ônibus, e os comandos são dígitos para confirmar ou anular uma ação. O *display* LCD tem função de visualização, com o intuito de verificar se as informações, inseridas através do teclado, estão corretas. Além desses periféricos, o circuito é composto por um microcontrolador e uma antena que possui as mesmas funções do circuito instalado no ponto de embarque.



**Figura 10: Diagrama do circuito do módulo de Ponto de Embarque.**  
**Fonte:** Autoria própria

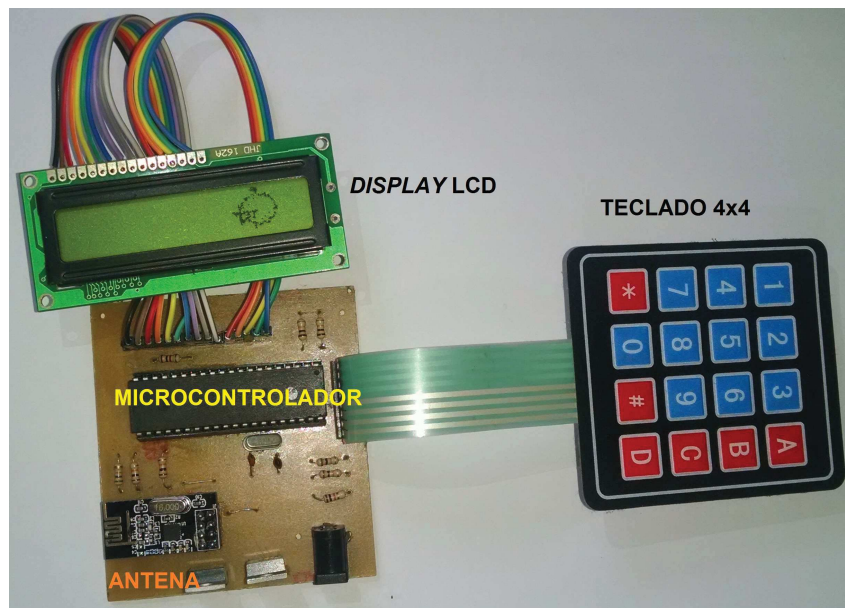


**Figura 11: Diagrama do circuito do módulo do Ônibus.**  
**Fonte:** Autoria própria

## 5.1 MATERIAIS

Nesta seção, são explicitados os principais materiais utilizados na construção do protótipo, bem como o processo de desenvolvimento.

O primeiro componente é aquele que tem função de gerenciar a comunicação do sistema, o microcontrolador.



**Figura 12: PCI do circuito do módulo do Ônibus.**

**Fonte:** Autoria própria

#### 5.1.1 Microcontrolador PIC 16F877A

O processador utilizado neste projeto é o 16F877A, Figura 13. Este modelo de processador possui baixo valor de mercado comparado com seus concorrentes e atende todas as exigências do projeto como: comunicação *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART) e *Serial Peripheral Interface* (SPI), temporizadores e diversos pinos de I/O.



**Figura 13: Microcontrolador família PIC 16F877A.**

**Fonte:** (MICROCHIP, 2002)

As principais características deste microcontrolador são: arquitetura *Reduced Instruction Set Computer* (RISC), processador de 8 bits, 4 kbytes de memória Flash, 256 bytes memória *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* (EE-

PROM), 33 pinos de entradas/saídas digitais, 2 *timers* de 8 bits e 1 *timer* de 16 bits, comunicação UART, SPI e I2C, clock de até 20 MHz e tensão de alimentação de 2 a 5 (V) (MICROCHIP, 2003).

### 5.1.2 Módulo de áudio MP3

MP3 é uma abreviação de *Moving Pictures Expert Group Layer 3* (MPEG), que após a compactação o arquivo se reduz para doze vezes do seu tamanho comparado com o formato WAV, principal arquivo de áudio para a época em que foi criado. A técnica de compactação é fundamentada em perda de dados, aqueles que não são perceptíveis ao ouvido humano, porém, o arquivo compactado não perde qualidade se a fonte do arquivo é de boa procedência, e se o aparelho reproduzidor possuir altas taxas de amostragem (MOREIRA; MARTINS, 2004).

A seguir, serão apresentados os módulos de áudio e de transmissão RF deste projeto, MP3-TF-16P e nRF24L01.

### 5.1.3 MP3-TF-16P

O módulo utilizado no projeto, Figura 14, reproduz áudio no formato MP3 e WAV com dois modos de operação, através de comando pela via de comunicação UART, ou diretamente acessando seus terminais com botões. Possui encaixe para cartão *Secure Digital Card* (SD) de até 32 GB, onde são armazenados os áudios de reprodução. Suporta tanto FAT16 quanto FAT32, que é o sistema de arquivos utilizados para organizar dados. A saída do áudio pode ser conectada diretamente a um auto-falante de 3 W (Watts), ou pode ser acrescentado um estágio de amplificação para elevar a potência do som.

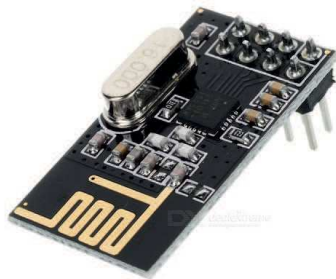


**Figura 14: Módulo de áudio MP3 TF 16P.**  
**Fonte:** (INSTRUCTABLES, 2018)

#### 5.1.4 nRF24L01

O componente que se apresenta é uma antena que é utilizado no projeto para enviar informações, por radio frequência, do ônibus para o ponto de embarque, e vice e versa.

O módulo nRF24L01, Figura 15, foi desenvolvido pela Nordic Semiconductor e opera com tensão de alimentação de 3,3 Volts e consumo de 11,3 mA durante a transmissão. A potência de transmissão pode ser fixada entre 0, -6, -12 e -18 (dB), sendo que na potência máxima pode atingir o alcance de 100 metros de distância e inclui no protocolo de transmissão *checksum* para verificação de erros (NORDIC, 2007).

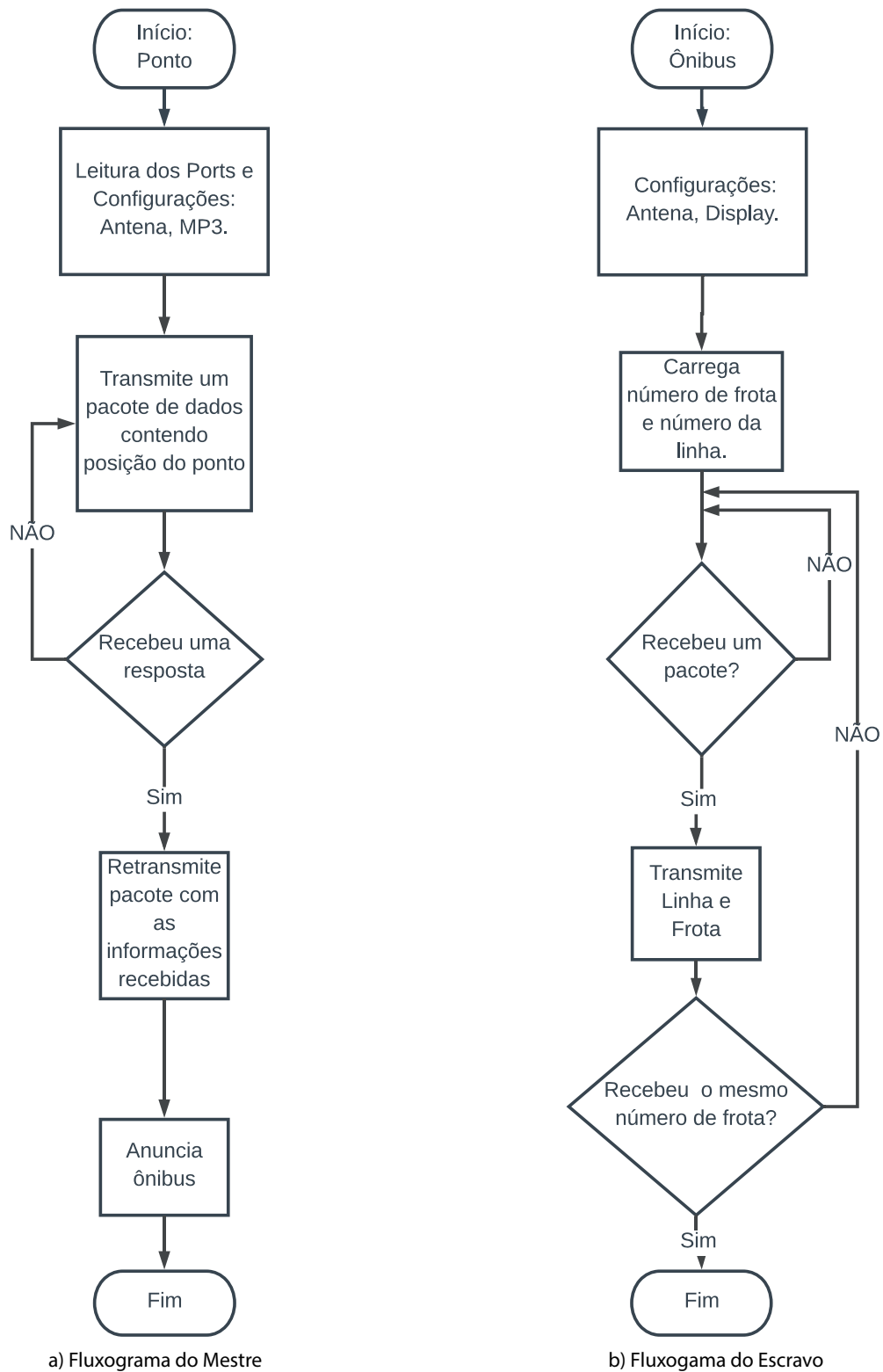


**Figura 15: Tranceceptor nRF24L01.**

**Fonte:** (NORDIC, 2007)

## 5.2 MÉTODOS

A programação em linguagem C foi a principal atividade para o desenvolvimento do sistema. Esta linguagem foi escolhida devido a tantas variedades de microcontroladores e compiladores compatíveis existentes no mercado. O microcontrolador é programado para seguir uma sequência de atos resultando em um diálogo entre ônibus e ponto de ônibus. A Figura 16 apresenta um fluxograma simplificado da programação em C. Para que a sequência de atos ocorra de forma correta, deve acontecer uma interação entre os dois circuitos. O circuito do ônibus, para transmitir a linha é necessário ter recebido previamente um pacote de dados do circuito ponto. Da mesma forma, para que o circuito no ponto anuncie um ônibus, este deve ter recebido uma resposta ao pacote enviado, caso contrário, volta ao início do diálogo. Este fluxograma simplificado trata apenas uma única comunicação entre ônibus e ponto. O sistema real, trabalha infinitamente interagindo de forma contínua com diversos ônibus.



**Figura 16: Fluxograma simplificado da sequência de funcionamento dos microcontroladores.**

**Fonte:** Autoria própria

O fluxograma apresenta a sequência de passos de cada aparelho para fazer o anúncio de um ônibus no ponto de embarque. Depois das configurações iniciais, o mestre transmite um pacote de dados contendo a posição do ponto, o qual permanece em um *loop* até que receba uma resposta do escravo. Quando receber um pacote do escravo contendo as informações da linha e da frota do ônibus que se aproxima, o mestre retransmite as mesmas informações recebidas, para informar ao escravo que sua linha foi atendida. Por fim, a linha do ônibus é anunciada.

Por sua vez, após as configurações iniciais, o escravo aguarda até que um operador digite no teclado matricial os números de frota e linha do ônibus, em seguida espera até entrar ao alcance de um mestre. Quando receber um pacote de dados, transmite suas informações e aguarda a confirmação do mestre. Se o segundo pacote de dados conter as mesmas informações enviadas anteriormente, significa que o mestre está processando as informações transmitidas e não a de outro ônibus.

Para facilitar o entendimento, será denominado o aparelho do ponto de “mestre” e do ônibus de “escravo”. O sistema então é composto por dois tipos de aparelhos: mestre e escravo; um mestre só interage com um escravo de cada vez, e vice-versa. Todo o estudo e funcionamento do projeto é baseado no sistema de transporte público da cidade de Toledo-PR. Em Toledo os ônibus partem de um terminal rodoviário, se deslocam sentido aos bairros, a maioria das linhas passam pelo centro da cidade, onde tem o maior fluxo de pessoas, e retornam ao terminal, conforme ilustrado na Figura 17. Para minimizar custos de produção os pontos da cidade que recebem o sistema são os que compartilham várias linhas de ônibus, ou seja, os pontos do centro da cidade. Em contrapartida, todos os ônibus que circulam pelo centro da cidade, receberiam um aparelho para torná-los assim identificáveis pelo sistema. A identificação deve acontecer somente no percurso sentido bairro, devido à concentração de pessoas no centro da cidade que moram em diversas partes da cidade. No retorno do ônibus, ou seja, sentido terminal, não há necessidade de identificação, por dois motivos: os passageiros que embarcam nos bairros só tem um destino que é o centro da cidade, caso o destino seja outro bairro, devem tomar um segundo ônibus que inicia o trajeto no terminal; o segundo motivo é que no retorno ao terminal, algumas linhas passam pela mesma rua do trajeto de ida, dessa maneira, um ponto de sentido bairro captaria um ônibus que está voltando e anunciaria uma mensagem falsa.

É utilizado aqui, um método de visualização para explicar o funcionamento



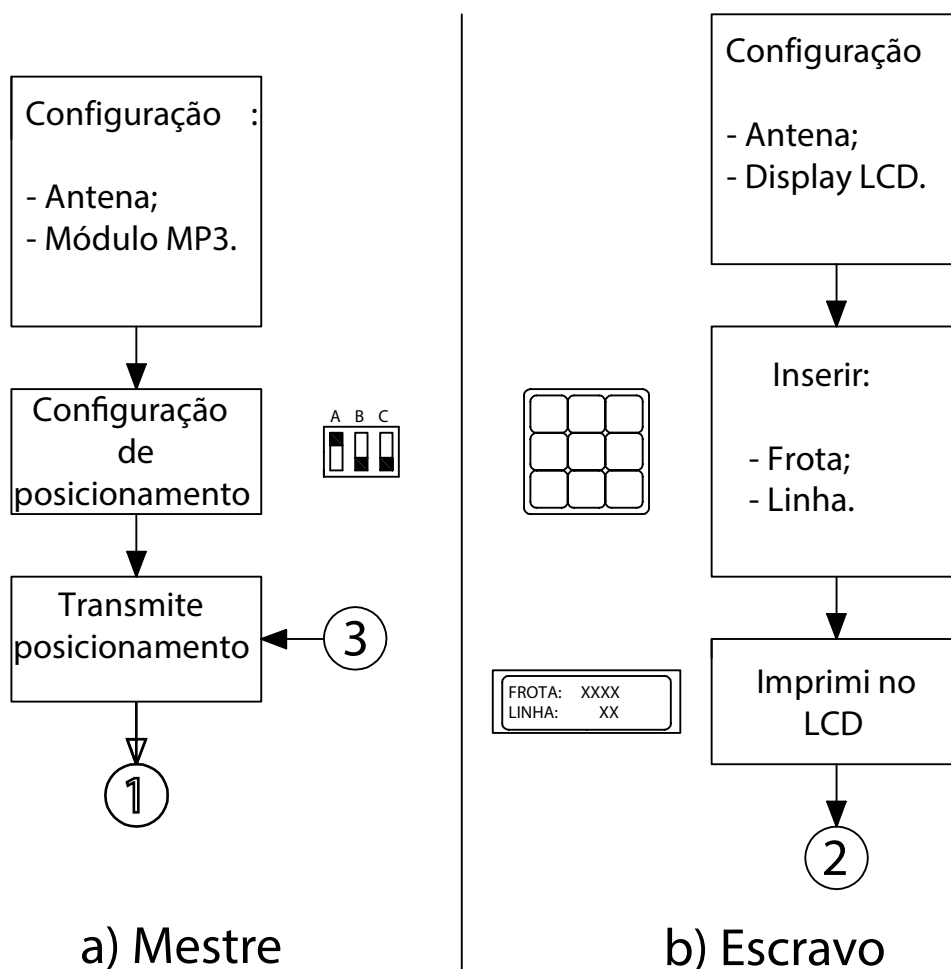


**Figura 17: Exemplo de fluxo de ônibus e posicionamento de pontos em uma cidade.**

**Fonte:** Google Maps.

do sistema, que é o diagrama de blocos. Este diagrama está separado em quatro partes, para melhor visualização conforme Figuras 18, 19, 20 e 21, respectivamente. Cada uma dessas partes marca uma etapa na comunicação entre ônibus e ponto. Na Parte 1 tem-se as configurações dos periféricos e a transmissão do primeiro pacote ao escravo. Na Parte 2, o escravo faz a leitura do pacote recebido para identificar o posicionamento do ponto, em seguida transmite a frota e a linha do ônibus. A linha do ônibus é armazenada para não haver repetições enquanto o ônibus aguarda o embarque dos passageiros, esta é a Parte 3. Por fim, na Parte 4 o mestre anuncia o ônibus. O código fonte resumido do sistema é apresentado nos Apêndice A e Apêndice B, respectivamente. Tanto o Apêndice A (código fonte do circuito Escravo) quanto o Apêndice B (código fonte do circuito Mestre), apresentam a parte principal dos códigos fontes dos microcontroladores, os códigos de configurações dos periféricos é de domínio público e foi omitido neste documento.

Um escravo deve ser previamente configurado com o número da frota do ônibus e o número da linha em que circula, somente após a inclusão desses dois dados o circuito ficará apto a receber e transmitir mensagens. A configuração é feita através de teclado matricial, e os dados podem ser visualizados em um *display* LCD, Figura 18.b. As informações são gravadas na memória de programa do microcontrolador, desse modo, uma outra linha pode ser configurada desligando e religando o aparelho.



**Figura 18: Diagrama de blocos do funcionamento do sistema Parte 1.**

Fonte: Autoria própria

A configuração do mestre é através de um *jumper* na placa, ele marca a posição do ponto, que pode ser o início (A), meio (B) ou final (C) de transmissões de dados para os ônibus. Ou seja, ao sair do terminal um ônibus passa por primeiro por "A", vários "Bs" e quando chegar em "C" encerra a comunicação, a partir deste,

um ônibus circula por bairros onde não há necessidade de ser anunciado. Em “A”, o escravo é habilitado a transmitir pacotes, caso contrário, só recebe. “C”, marca o fim da transmissão, a partir deste, o ônibus segue por uma linha que é exclusiva dele, o fluxo de desembarque é maior que embarque. A partir de “C”, o escravo passa a ignorar pacotes recebidos que estiverem no alcance das antenas, que acontece ao passar novamente pelo centro da cidade no sentido de volta ao terminal, onde inicia um novo ciclo. “B”, são todos que estão entre o “A” e “C”, é ignorado pelo escravo, passando a considerar a última posição válida “A” ou “C”. Na Figura 17 é apresentado um diagrama com as posições e respectivas configurações dos pontos de embarque.

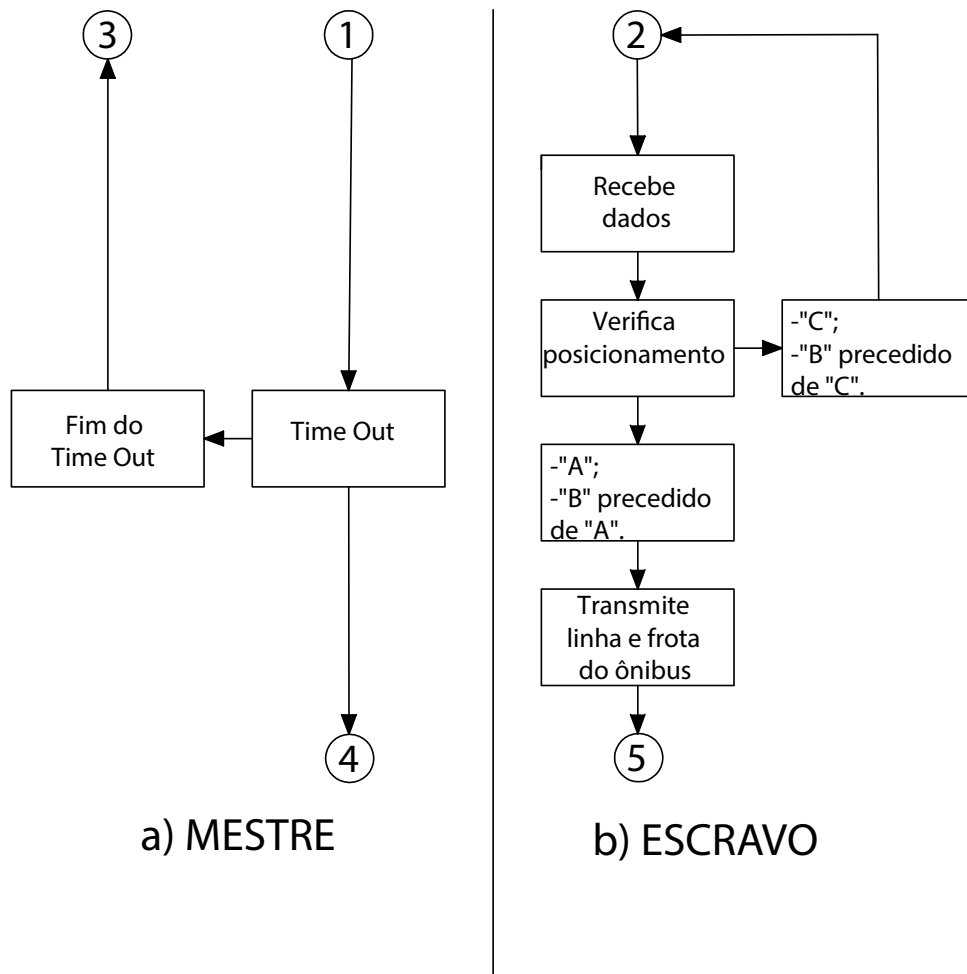
O mestre envia um pacote de dados contendo sua posição “A”, “B” ou “C”, Figura 18, e aguarda um tempo determinado por um *timeout*, Figura 19. Excedendo o *timeout*, retransmite o pacote, e continua este ciclo até que um escravo entra no alcance das antenas.

Quando acontecer de um escravo entrar no alcance das antenas, e se a posição recebida de um ponto for “A”, ou “B” precedido de “A”, então o escravo transmite um pacote com as informações de linha e frota. Caso o escravo recebe “C”, ignora o pacote, e, se receber “B” precedido de “C”, também ignora o pacote, conforme Figura 19.

Um mestre ao receber um pacote de dados, verifica se a frota recebida de um escravo está armazenada em um banco de espera, se sim, ignora o diálogo: significa que este escravo já foi anunciado e está apto a receber pacotes novamente; caso contrário adiciona a frota recebida no banco, Figura 20. Esta etapa é necessária devido aos atrasos que podem ocorrer a um ônibus: longas filas de passageiros, embarque/desembarque de cadeirantes ou semáforos fechados.

Em uma condição válida, ou seja, um mestre que transmitiu “A”, ou “B” precedido de “A”, receber uma resposta de um “escravo”, o mestre reenvia o mesmo pacote recebido ao escravo. Dessa forma, o escravo entende que suas informações chegaram ao mestre, caso o escravo receba um pacote com o número de frota diferente do seu, significa que o mestre atendeu a um outro escravo no alcance das antenas, assim o escravo ignora o diálogo e se prepara para receber dados novamente, Figura 20.

A confirmação de que a linha de um ônibus foi recebida por um mestre, se dá com o recebimento de um segundo pacote de dados. Nesse são contidas as

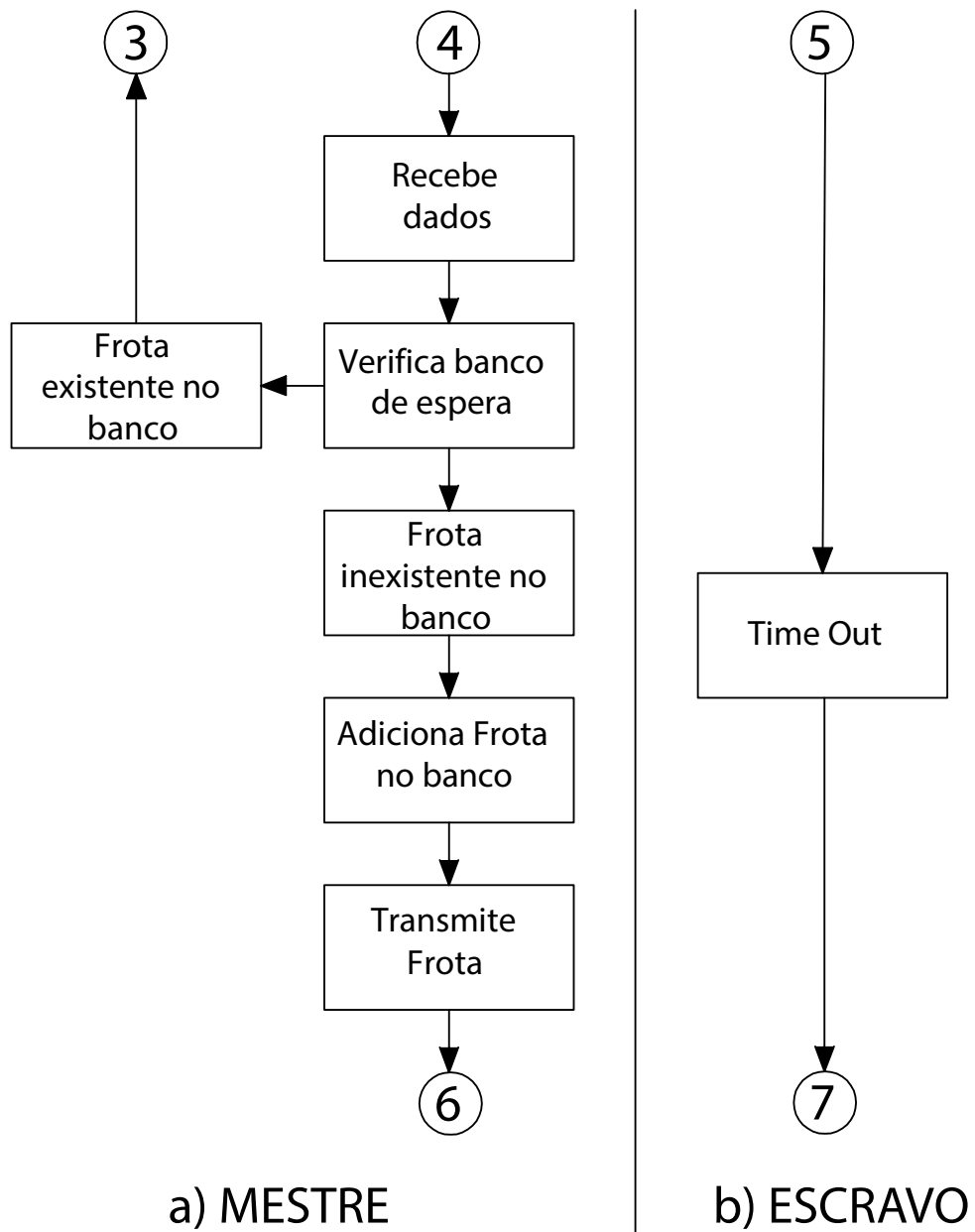


**Figura 19: Diagrama de blocos do funcionamento do sistema Parte 2.**

**Fonte:** Autoria própria

mesmas informações enviadas anteriormente, o que significa que um mestre recebeu seus pacotes. Tendo a transmissão da linha confirmada, o escravo entra em *delay* com a única finalidade de perder tempo até chegar ao alcance de outro mestre, o propósito disso é que uma linha transmitida não interfira na transmissão de outras linhas ao alcance de um ponto, Figura 21. Depois de anunciado, o escravo que continuar recebendo e transmitindo pacotes, atrapalha no diálogo de outros escravos e pode causar atraso no anúncio de outras linhas.

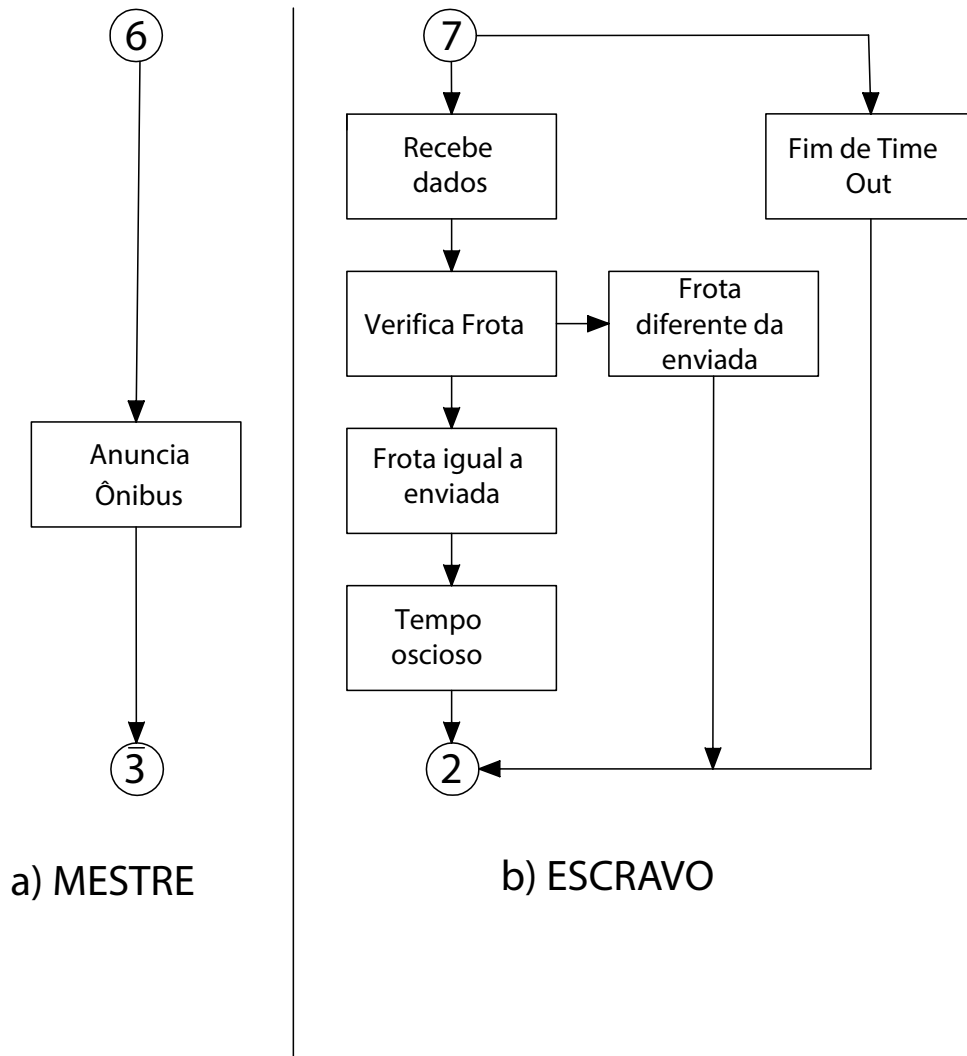
O último passo neste processo é anunciar a linha de ônibus no ponto, Figura 21. Até então o mestre fez uma transmissão com sua localização, recebeu uma resposta com o número da frota e número da linha do ônibus, e transmitiu os mesmos pacotes recebidos. Nesta etapa o mestre passa a linha do ônibus ao módulo de MP3, e este se encarrega em reproduzir o áudio da linha, informando os passageiros. Uma linha anunciada, entra em um banco de espera, com o tempo de aproximada-



**Figura 20: Diagrama de blocos do funcionamento do sistema Parte 3.**

**Fonte:** Autoria própria

mente 15 minutos. Dessa maneira mesmo que um escravo tenha estourado o tempo de ociosidade, será ignorado por um mestre.

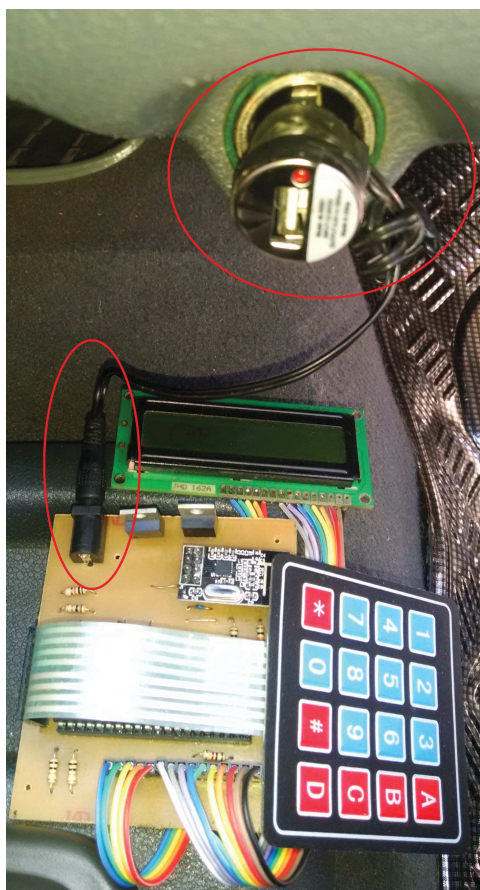


**Figura 21: Diagrama de blocos do funcionamento do sistema Parte 4.**

**Fonte:** Autoria própria

## 6 RESULTADOS

Neste capítulo apresenta-se os resultados do sistema proposto. É válido esclarecer que os testes realizados para determinar o comportamento do circuito foram feitos com o protótipo montado em placa de circuito impresso, adaptado em um automóvel. A alimentação do circuito do ônibus é retirada da bateria do carro e utilizado o adaptador da Figura 22, enquanto o circuito do ponto é alimentado através da rede elétrica residencial, e de modo algum, o sistema foi prejudicado, exceto pela portabilidade.



**Figura 22: Carregador de bateria de celular adaptado para alimentar circuito 12 V.**

**Fonte:** Autoria Própria

O sistema de áudio, dotado de auto-falantes de 3 W Figura 23, se mostrou eficiente para alcance de 5 metros, e a esta distância o autor deste trabalho foi capaz

de ouvir o áudio com clareza. Seria possível explorar a capacidade máxima do volume do auto-falante, porém, deste modo o som sofre interferências, provavelmente de ceifamentos do sinal de áudio. A escala de configuração de volume do módulo MP3 varia de 0 a 30, onde 0 representa sem áudio e 30 é a potência máxima de 3 W, designado pelo fabricante, a escala de volume estabelecido para um bom entendimento se fez na configuração de 25.



**Figura 23: Auto falante 3 W conectado na PCI Ponto.**  
**Fonte:** Autoria própria.

O levantamento de custos dos aparelhos para a fabricação, se faz de modo individual, devido aos equipamentos não trabalharem em pares, ou seja, um mestre interage com diversos escravos, e vice-versa. O custo total do sistema, envolve o número de pontos de embarque que deseja-se instalar os aparelhos e o número de ônibus a serem identificados. Portanto para construir o aparelho do ônibus que envolve: microcontrolador, antena, Placa de Circuito limpresso (PCI), teclado, *display* LCD, conectores, resistores e capacitores, resulta no gasto de aproximadamente R\$ 160,00, conforme Tabela 1. Por possuir componentes comuns, o circuito do ponto pode ser custeado por aproximadamente, R\$ 170,00, para adquirir: microcontrolador, antena, módulo mp3, caixa acústica, PCI, resistores, capacitores e conectores, Tabela 2. Para o levantamento correto dos custos de produção se faz necessário adicionar o custo de frete dos materiais, e a hora/trabalho de um técnico para a montagem das placas e instalação dos equipamentos nos ônibus e ponto de embarque.

É válido reforçar que a proposta de reduzir custos, além de utilizar componentes de baixo valor de mercado, é fazer o equipamento de uso coletivo. De acordo com os dados do IBGE, 21.345 moradores em Toledo que possuem deficiência visual (IPDES, 2018), mesmo que a pesquisa não apresenta o número exato dos casos de



**Tabela 1: Comparativo entre dois orçamentos dos componentes do circuito do ônibus**

ITEM	Fornecedor A (R\$)	Fornecedor B (R\$)
Microcontrolador	20,00	19,90
Antena	7,75	7,38
PCI	77,00	69,00
Teclado 4x4	4,90	5,50
Display LCD	16,06	17,69
Resistores, Capacitores e Conectores	10,00	10,00
Caixa PVC 100x100x30 mm	29,90	32,60
<b>TOTAL</b>	<b>165,61</b>	<b>162,07</b>

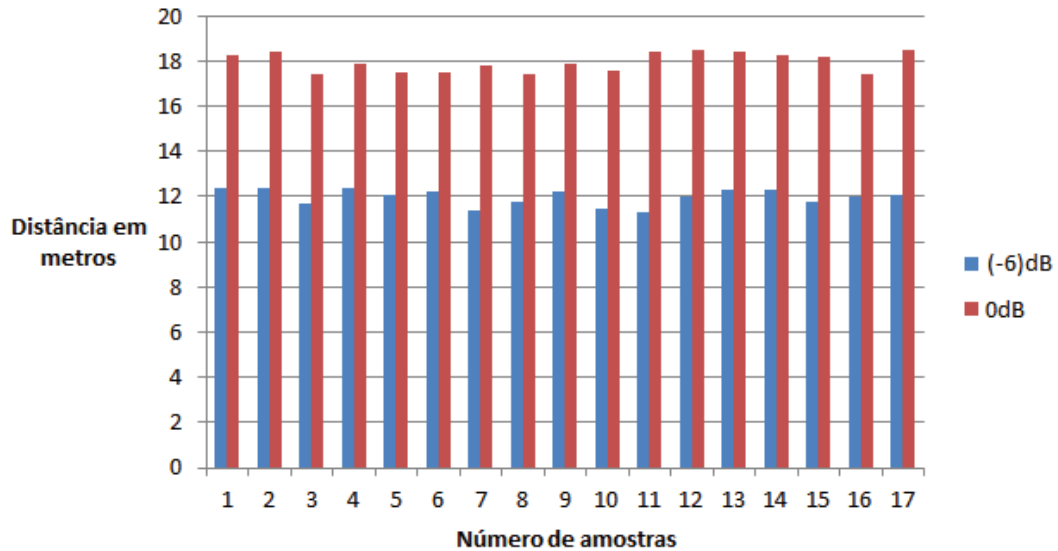
**Tabela 2: Comparativo entre dois orçamento dos componentes do circuito Ponto de Embarque**

ITEM	Fornecedor A (R\$)	Fornecedor B (R\$)
Microcontrolador	20,00	19,90
Antena	7,75	7,38
PCI	77,00	69,00
MP3-TF-16P	19,90	30,00
Caixa acústica 3 W	20,90	13,80
Resistores, Capacitores e Conectores	10,00	10,00
Caixa PVC 100x100x30 mm	19,90	22,60
<b>TOTAL</b>	<b>175,45</b>	<b>172,68</b>

100% de cegueira, verifica-se que o número de aparelhos destinado à passageiro é alto comparado ao número de pontos existente na cidade, 6 pontos de embarque (no centro da cidade) e aproximadamente 15 linhas de ônibus.

Outro experimento realizado visou simular o sistema em seu funcionamento real, bem como o alcance das antenas. Esse dado indica até qual distância um ônibus pode ser percebido e anunciado. Considera-se que um ônibus anunciado a 30 metros de distância do ponto é suficiente para que um passageiro tome uma ação. Os dados coletados deste experimento estão apresentados em forma de gráfico na Figura 24. Não é possível afirmar com exatidão a medida exata em que a comunicação do ônibus com o ponto começa, visto que o veículo está em movimento e provavelmente desacelerando, por esse motivo, os valores de distância apresentados no gráfico (que podem ser lidas em metros) tem precisão de uma casa decimal. O critério de rigor, na questão da distância em que um ponto anuncia um ônibus, é baixo, aceitando-se tolerâncias de até 10 metros. O experimento foi realizado para dois valores de potência das antenas: 0 dB e -6 dB. Em todos os testes houve comunicação entre os dois circuitos, isso demonstrou a eficiência dos módulos RF no quesito transmissão/recepção

de dados.



**Figura 24: Resultado dos testes de alcance das antenas de acordo com a potência configurada.**

Fonte: Autoria própria.

Com base nos dados coletados é possível fazer um estudo estatístico para avaliar o alcance das antenas para as duas potências selecionadas, temos a média das distâncias:

$$M_{-6dB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = 11,99(\text{metros}) \quad (1)$$

$$M_{0dB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = 17,96(\text{metros}) \quad (2)$$

Os valores que relacionam os desvios em torno da média é a Variância:

$$\text{var}_{-6dB} = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1} = 0,13(\text{metros}) \quad (3)$$

$$\text{var}_{0dB} = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1} = 0,17(\text{metros}) \quad (4)$$

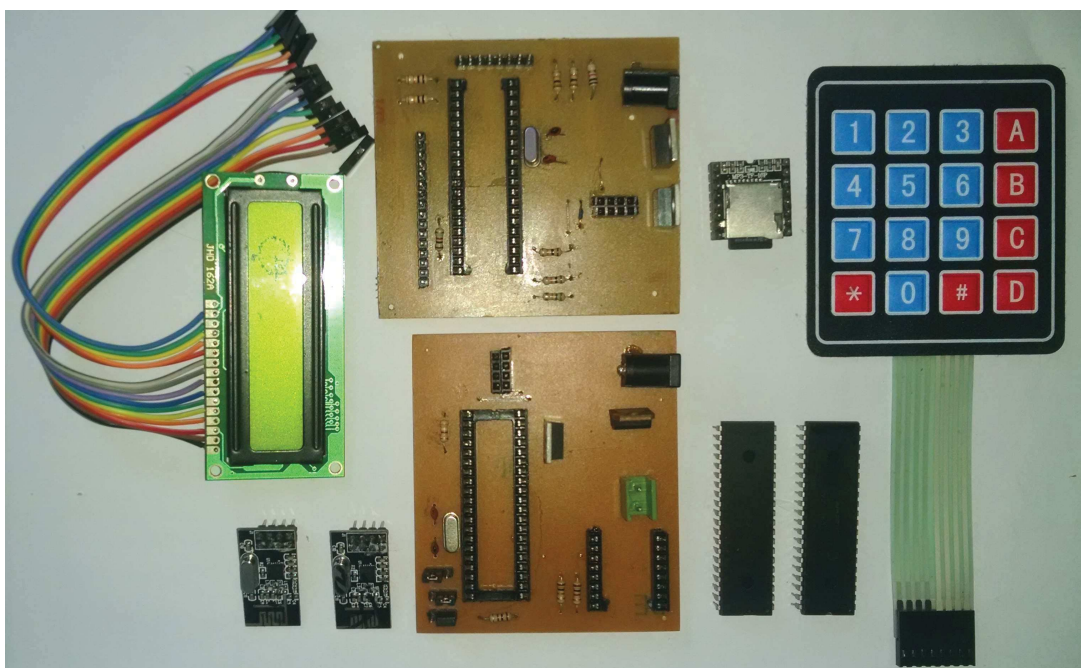
E por fim, o Desvio Padrão determina a dispersão dos valores em relação à média:

$$DP_{-6dB} = \sqrt{\text{var}_{-6dB}} = 0,36(\text{metros}) \quad (5)$$

$$DP_{0dB} = \sqrt{\text{var}_{0dB}} = 0,41(\text{metros}) \quad (6)$$

Com isso, determinamos a distância em que um sinal é captado pelo elemento receptor em torno de 12 metros para a potência de -6 dB e 18 metros para a potência de 0dB, com desvio padrão de 0,36 e 0,41 metros respectivamente. Pode-se notar que quanto maior a potência de transmissão, maior é o desvio padrão.

O desenvolvimento das placas de circuitos impresso, se deu de modo que todos os principais componentes sejam fáceis de substituir. As conexões dos módulos e do microcontrolador é feita através de suporte de CI e barras de pinos, Figura 25. Desta forma, visa facilitar a montagem/desmontagem e manutenção das placas.



**Figura 25: Módulos, componentes e PCBs do protótipo.**

**Fonte:** Autoria própria.

## 6.1 DISCUSSÕES

O circuito do ponto de embarque, possui alimentação proveniente de fonte comercial de 12 Volts, portanto deve-se solicitar uma tomada para conectar a fonte. A placa prevê um conector P4 fêmea, para esse tipo de fonte. A vantagem é reduzir o tamanho da placa de circuito impresso, não havendo necessidade de implementar uma fonte AC-DC para alimentar os circuitos de 3 e 5 Volts.

A alimentação da placa do circuito do ônibus é fornecida da bateria de 12

Volts. As tensões de 5 Volts, para alimentar o microcontrolador, *display* LCD e teclado e, 3 Volts para alimentação da antena, são obtidas por reguladores de tensão da série LM7805 e LM1117, respectivamente. Aqui também se faz necessário requisitar um ponto de alimentação para as placas.

## 7 CONCLUSÃO

A identificação de ônibus, no transporte público, através de áudio é um produto que se pode oferecer a deficientes visuais. O sistema de áudio é um recurso que pode ser estendido a pessoas idosas, analfabetos e àqueles distraídos que gostam de esperar o ônibus com passa-tempo no *smartphone*.

A proposta de um sistema para uso coletivo, visa a redução de custo de produção comparado com um sistema de uso individual, visto que o sistema é instalado no ponto de embarque. O custo pode ser minimizado, se o equipamento for instalado em pontos específicos, onde há maior densidade do público alvo, porém, este é um critério do cliente. Pode-se acrescentar que o sistema de uso coletivo é uma inovação neste segmento, outros modelos são fornecidos para uso particular, em que o interessado deve adquirir o seu equipamento.

As antenas, apresentaram resultados satisfatórios para o alcance no teste de irradiação, para atingir maior raio de alcance pode-se fazer a substituição por antenas de maior potência, a consequência na substituição em um componente significativo no projeto, é o custo do componente e a adaptação do código fonte do microcontrolador.

A análise, por parte do autor, de forma geral, mostra que o sistema está apto para o uso, apenas precisando de adequação no tamanho das antenas. O projeto resultou em dois aparelhos de comunicação sem fio, para a identificação de linhas de ônibus no transporte urbano. Este trabalho tem viés em Tecnologia Assistiva desenvolvido a partir dos conceitos de Sistemas Embarcados.

O processo de escolha do microcontrolador se demonstrou cansativo no sentido de que utilizando processadores modernos e de alta eficiência, poderia-se simplificar o trabalho de programação. Por se tratar de um trabalho acadêmico, preferiu-se utilizar compiladores disponíveis ao estudante, limitando os recursos de depuração de código. Porém, devido à grande versatilidade dos compiladores e à baixa complexidade do projeto, foi possível utilizar um processador de baixa eficiência, baixo custo e que atende todas as exigências do projeto.

Devido ao pouco tempo de vida do curso de Engenharia Eletrônica na cidade de Toledo e à principal atividade econômica da região oeste do Paraná ser agroindustrial, a aquisição de componentes eletrônicos para o desenvolvimento do projeto é escasso. A cidade e a região não atendem a demanda de componentes ou equipamentos eletrônicos para a produção de novas tecnologias. Tal escassez, força o desenvolvedor a buscar material em cidades mais desenvolvidas, sujeitando-se ao tempo de entrega, ocasionando contratempos.

A utilização simultânea de *timer* e dois tipos de comunicação serial, UART para o módulo MP3 e SPI para as antenas, causou certo transtorno para o microcontrolador. Sem um programa de depuração adequado fica difícil encontrar a verdadeira causa do problema, o certo é que uma função interfere na outra com o uso das interrupções. Por esse motivo, é necessário desabilitar a interrupção toda as vezes que fazer uso das antenas.

## 7.1 MELHORIAS FUTURAS

É possível explorar os recursos de processamento do microcontrolador adicionando mais funções ao sistema, como uma tabela com os horários das linhas no circuito do Ponto de parada. Este serviço exige que o circuito tenha também um teclado e um *display* LCD, para que o usuário faça a consulta inserindo o número da linha desejada. O sistema é capaz de calcular a diferença de tempo em que o ônibus sai do terminal até chegar no ponto, resultando em um tempo estimado de espera para o próximo ônibus.

Pode-se trocar os periféricos de visualização e entrada de dados por um único *display touch screen*. Essa tipo de atualização não torna o produto mais funcional, porém, resulta em um aparelho com aparência mais moderna.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência**. Brasília: Comitê de Ajudas Técnicas. Tecnologia Assistiva, 2009. 138 p.
- CARLSON, A. Bruce; CRILLY, Paul B.; RUTLEDGE, C. Janet. **Communicatrion Systems: an introduction to signals and noise in electrical communicatrion**. New York: McHill, 1937. 850 p.
- CHANG, Dah Chung. Least squares/maximum likelihood methods for the desision-aided gfsk receiver. **IEEE Signal Processing Letters**, v. 16, n. 6, p. 517–520, Jun. 2009.
- CORREA, Sonia Maria Barros Barbosa. **Probabilidade e Estatística**. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003. 116 p.
- FAZANO. **O domínio do estado sólido**. 2018. <http://www.fazano.pro.br/port104.html>. Acesso em: 13-10-2018.
- FERLIN, Marco Antônio M Eleutério Edson Pedro. **Vantagens na Elaboração de Projetos Digitais Utilizando Dispositivos Lógicos Programáveis**. [S.l.], 1998. Disponível em: <IV Simpósio de Pesquisa e Extensão em Tecnologia>.
- FILHO, Teófilo Alves Galvão. **Tecnologia Assistiva para uma escola inclusiva: Apropriação, Demanda e Perspectivas**. [S.l.], 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/10563>>.
- GUTIERREZ, Lilian Ribeiro Mendes Regina Maria Vinhas. Complexo eletrônico: o projeto em microeletrônico no brasil. **BNDES Setorial**, n. 30, p. 157 – 209, 2009.
- HAYKIN, Simon; VEEN, B. Van. **Sinais e Sistemas**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2001. 668 p.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Pesquisa. **Carcterísticas gerais da população, religião e pessoas com deficiência**,. Rio de Janeiro, RJ: Censo demográfico, 2010. 215 p.
- IBRAHIM, D. **Advanced PIC Microcontroller Project in C**. Oxford, UK: Newnes, 2008. 560 p.
- INSTRUCTABLES. **Tutorial of MP3-TF-16P**. [S.l.], 2018. Disponível em: <<http://www.electronicoscaldas.com/datasheet/DFR0299-DFPlayer-Mini-Manual.pdf>>.
- IPDES. **Caderno Estatístico Município de Toledo**. 2018. <http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=85900>. Acesso em: 06-06-2018.

MARINHO, Alann Karlo Gomes Xavier. **Sistema de monitoramento de temperatura através da rede elétrica**. [S.l.], 2007. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/56375167/monografia-daniel-alann-final>>.

MICROCHIP. **PIC 16F877A**. [S.l.], 2002. Disponível em: <<https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F877A>>.

MICROCHIP. **PIC1F87XA Data Sheet**. [S.l.], 2003. Disponível em: <<https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F877A>>.

MOREIRA, João P. R.; MARTINS, Fernando S. Arquivos de áudio no formato mp3. **Revista de Iniciação Científica da FAI**, v. 32, n. 4, p. 20–25, 2004.

NORDIC. **nRF24L01+ Single Chip 2,4 GHz Transceiver**. [S.l.], 2007. Disponível em: <[http://infocenter.nordicsemi.com/pdf/nRF24L01P\\_PS\\_v1.0.pdf](http://infocenter.nordicsemi.com/pdf/nRF24L01P_PS_v1.0.pdf)>.

PRUDENTE, Fabio; MOURA, Davi; GÓES, Felipe; MENEZES, Victor. Miru - um sistema de acessibilidade ao transporte urbano para portadores de deficiência visual. **II CONNEPI**, 2007.

RF-Wireless. **FSK Modulation**. 2018. <http://www.rfwireless-world.com/Terminology/GFSK-vs-FSK.html>. Acesso em: 17-10-2018.

RICCI, Natalia A.; GAZZOLA, Juliana M.; COIMBRA, Ibsen B. Sistemas sensoriais no equilíbrio corporal de idosos. **Arq Bras Cien Saúde**, v. 32, n. 2, p. 94–100, 2009.

SOARES. **Microcontroladores PIC - Teoria - Parte 1**. 2018. [http://www.arnerobotics.com.br/electronica/Microcontrolador\\_PIC\\_teorias\\_1.htm](http://www.arnerobotics.com.br/electronica/Microcontrolador_PIC_teorias_1.htm). Acesso em: 17-10-2018.

SONZA, Andréa P.; KADE, A.; FAÇANHA, A.; REZENDE, André L. A.; NASCIMENTO, Gleison S.; ROSITO, Maurício C.; BORTOLINO, S.; FERNANDES, Woquiton L. **Acessibilidade e Tecnologia Assistiva: Pensando a Inclusão Sociodigital de PNEs**. Bento Gonçalves, RS: Ministério da Educação, 2013. 368 p.



## APÊNDICE A - CÓDIGO FONTE DO MICROCONTROLADOR QUE GERENCIA DADOS DO ÔNIBUS

```
1
2 void main()
3 {
4   int i;
5   char envio;
6   char flags = 0x00;
7
8   McuConfig(); // Configura periféricos do microcontrolador
9   contador = 0;
10  flags.f3 = 0;
11  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
12  Lcd_Out(1,3,BemVindo);
13
14  // Constroi Vetor para transmissão (frota e linha)
15  LoadVector(ENVIA);
16  // Mostra Texto no LCD (frota e linha)
17  texto(ENVIA);
18  nRF24_ClearBuffer();
19
20  while(1){
21    // Recebeu dados
22    flags.f0 = TrataRecepcao(RECEBE);
23
24    if(flags.f0){
25      if(RECEBE[position] == 'B') // habilita transmissão
26        flags.f1 = 1;
27      if(RECEBE[position] == 'E') // desabilita transmissão
28        flags.f1 = 0;
29      if(RECEBE[position] == 'C') // tanto faz...
30        flags.f1 = flags.f1;
31
32      if(RECEBE[dialogo] == 'O') // Flag 11: Pedido de
33                                // transmissão de Vetor de Dados (Oi)
34        flags.f2 = 1;
35      if(RECEBE[dialogo] == 'K') // Flag 11: Pedido de
36                                // transmissão de Vetor de Dados negado
37        flags.f2 = 0;
38    }
39
```

```

40  if ((flags.f1 == 1) && (flags.f2 == 1)){
41      envio = nRF24_WriteData(ENVIA); // Transmite vetor de dados
42      TimeOut1on(); // habilita contagem TMRO
43
44      while(timeout){
45          flags.f0 = TrataRecepcao(RECEBE); // Recebeu dados
46          if(contador > 30){
47              TimeOut1Off(); // desativa time Out
48              flags.f2 = 0;
49          }
50
51          if(flags.f0){
52              TimeOut1Off(); // Desativa time Out
53
54              if(RECEBE[dialogo] == 'K') // Testa flag 11 se valor invertido
55                  // (segunda mensagem)
56                  flags.f2 = 0;
57
58              for(i = 0; i < 6; i++){ // testa se número de Frota
59                  if(RECEBE[i] != ENVIA[i]){ // Frota ok?
60                      flags.f3 = 1; // Não!
61                  }
62              }
63
64              if((flags.f2 == 0) && (flags.f3 == 0)){// Transmissão bem sucedida
65                  flags.f4 = 1; // Flag de atraso
66              }
67          }
68      }
69  }
70  limpaHistorico(RECEBE);
71  // espera por 1 minuto para voltar a receber pacotes
72  if(flags.f4){
73      GIE_bit = 0; // desativa todas as interrupções
74      limpaHistorico(RECEBE);
75      delay_ms(30000); // 30 segundos
76      delay_ms(30000); // 30 segundos
77      flags.f4 = 0;
78      flags.f3 = 0; // reseta flag
79      GIE_bit = 1; // ativa todas as interrupções
80  }

```

81 }  
82 }

## APÊNDICE B - CÓDIGO FONTE DO MICROCONTROLADOR QUE GERENCIA DADOS NO PONTO DE EMBARQUE

```
1
2 void main(){
3   char envio = 0;
4   int i, j;
5   char flags = 0x00;
6   // Configuração de periféricos , Timers e interrupções
7   McuConfig ();
8
9   while(1){
10    // retorna posicionamento do Ponto
11    ENVIA[position] = Estado ();
12    // inicia diálogo
13    ENVIA[dialogo] = 'O';
14
15    // transmite
16    envio = nRF24_WriteData(ENVIA);
17    // liga temporizador
18    TimeOut1On ();
19
20    while(timeout){
21      flags.f0 = TrataRecepcao(RECEBE);
22
23      if(contador > 20){
24        TimeOut1Off ();
25        flags.f0 = 0;
26      }
27
28      if(flags.f0){
29        // verifica se ônibus já foi anunciado
30        flags.f5 = BancoDados(RECEBE);
31
32        if(flags.f5){
33          TimeOut1Off ();
34          flags.f0 = 0;
35          // Carrega vetor com número de frota para transmitir
36          for(i = 0; i < 6; i++){
37            ENVIA[i] = RECEBE[i];
38          }
39          ENVIA[dialogo] = 'K';
```

```
40         envio = nRF24_WriteData(ENVIA);
41
42         Audio(RECEBE); // Anuncia Linha
43
44     }
45     nRF24_ClearBuffer();
46     limpaHistorico(ENVIA,RECEBE);
47 }
48 }
49
50     // Time out Banco de dados
51     if(contBanco > 2000){
52         for(i = 0; i < lBanco; i++){
53             if((BANCO[i][1] < 200) & (BANCO[i][1] != 0)){
54                 BANCO[i][1] = BANCO[i][1] + 1;
55             } else { BANCO[i][0] = 0;}
56         }
57     }
58 }
59 }
```