



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO DE  
MANOBRA DE LOCOMOTIVAS**

AYRTON CARLOS LIMA MELO

SÃO LUÍS – MA  
2017

**AYRTON CARLOS LIMA MELO**

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO DE  
MANOBRA DE LOCOMOTIVAS**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Engenharia da Computação na Universidade Estadual do Maranhão como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação sob orientação do orientador prof. Dr. Leonardo Gonsioroski.

SÃO LUÍS - MA

2017

Melo, Ayrton Carlos Lima.

Desenvolvimento de sistema de monitoramento de manobra de locomotivas / Ayrton Carlos Lima Melo. – São Luís, 2018.

53 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia de Computação, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Gonsioroski.

1. Automação industrial. 2. Sistema de monitoramento. 3. Segurança. 4. Locomotiva. 5. Arduino. I. Título.

CDU 004:681.5

**AYRTON CARLOS LIMA MELO**

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO DE  
MANOBRA DE LOCOMOTIVAS**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Engenharia da Computação na Universidade Estadual do Maranhão como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação sob orientação do orientador prof. Dr. Leonardo Gonsioroski.

Trabalho aprovado.

São Luís – MA, 18 de janeiro de 2018.

---

**Prof. Dr. Leonardo Henrique Gonsioroski Furtado da Silva**

Orientador

---

**Prof. Dr. Rogerio Moreira Lima Silva**

Primeiro membro

---

**Prof. MSc. Elane Estrela**

Segundo Membro

*“Meus filhos terão computadores, sim, mas antes terão livros. Sem livros, sem leitura, os nossos filhos serão incapazes de escrever - inclusive a sua própria história. ”*

Bill Gates

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por me dá saúde e proteção e por ser meu porto seguro em cada momento difícil dessa jornada.

Aos meus pais, Lucilene Silva Lima e Carlos Henrique Vieira Melo por todo apoio dado e parceria em toda minha vida e pelo seu amor que foram essenciais para me ajudar a alcançar os meus sonhos.

A minha namorada Lays Rayssa, por todo seu amor, compreensão e apoio nas horas de maior dificuldade.

A todos os meus familiares, em especial a minha avó Luzia Saturnina da Silva pelo seu incentivo e amor em toda minha vida.

Aos meus amigos de curso, pelo seu apoio e parceria nesses cinco anos.

Agradeço também à empresa Vale S.A pelo incentivo financeiro e oportunidade de estágio e através dele desenvolver o projeto do trabalho em questão, aos amigos da Vale pelo seu suporte em todo o projeto, em especial George Viana e Josué Nascimento.

Ao meu orientador professor Dr. Leonardo Gonsioroski pelo esforço, dedicação e atenção, além da enorme contribuição para meu engrandecimento como profissional.

A todos os professores do curso sobretudo aos professores Rogerio Moreira e Elane Estrela pelo empenho em nos passar o conhecimento da melhor forma possível durante o curso e pela honra de terem aceito o convite para participar da banca, contribuindo assim para este trabalho.

Por fim, à todos que me apoiaram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

Meu muito obrigado!

## RESUMO

Este trabalho tem como seu principal propósito o desenvolvimento de um sistema para o aumento da segurança na atividade de manobra de locomotivas, fazendo assim o monitoramento de qualquer movimentação autorizada e não autorizada das mesmas. O projeto foi aplicado na oficina de locomotivas de uma empresa de mineração localizada na cidade de São Luís, Maranhão. Para alcançar este objetivo foi necessária uma revisão bibliográfica sobre o assunto, criação de um protótipo, testes e instalação na área, a fim de ter a garantia que se trata de um sistema com um alto grau de confiabilidade. O sistema é composto por um microcontrolador Arduino Mega 2560 que realiza a análise da distancia entre a locomotiva e a entrada da oficina, essa distancia é medida através de um sensor a laser de alta precisão. Caso esta não esteja respeitando o parâmetro de segurança, será emitido um alerta visual e sonoro para avisar todos os funcionários e visitantes da área, contribuindo significativamente para uma área industrial cada vez mais sinalizada e segura.

**Palavras-chaves:** Automação Industrial. Sistema de Monitoramento. Segurança. Locomotiva. Arduino.

## **ABSTRACT**

This work has as its main purpose the development of a system to increase safety in the maneuvering activity of locomotives, monitoring any authorized and unauthorized movement of the same. The project was applied in the locomotives mill of a mining company located in the city of São Luís, Maranhão. A bibliographic review about the subject was necessary, creation of a prototype, testing and installation in the area, for the purpose to guarantee that it is a system with a high degree of reliability. The system consists of an Arduino Mega 2560 microcontroller that performs the analysis of the distance between the locomotive and the mill entrance, this distance is measured through a high precision laser sensor. If it is not respecting the safety parameter, a visual and audible alert will be issued to warn all employees and visitors of the area, contributing significantly to an increasingly signaled and safe industrial area.

**Keywords:** Industrial Automation. Monitoring system. Safety. Locomotive. Arduino.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> Diagrama em Blocos de um Sistema de Automação.....	16
<b>FIGURA 2:</b> Etapas da revolução industrial desde a primeira, até a indústria 4.0.....	17
<b>FIGURA 3:</b> The Internet of Things - IOT (Internet das Coisas) .....	21
<b>FIGURA 4:</b> Placa de Arduíno mega.....	24
<b>FIGURA 5:</b> Alimentação da placa.....	25
<b>FIGURA 6:</b> IDE Arduíno.....	26
<b>FIGURA 7:</b> Sensor indutivo.....	27
<b>FIGURA 8:</b> Sensor capacitativo.....	27
<b>FIGURA 9:</b> Sensor de corrente.....	28
<b>FIGURA 10:</b> Sensor fotoelétrico.....	29
<b>FIGURA 11:</b> Sensor laser.....	29
<b>FIGURA 12:</b> Sensor ultrassônico.....	30
<b>FIGURA 13:</b> Sensor magnético.....	30
<b>FIGURA 14:</b> Relé.....	31
<b>FIGURA 15:</b> Fluxograma do sistema.....	32
<b>FIGURA 16:</b> Sensor ultrassônico, semelhante ao utilizado no projeto.....	33
<b>FIGURA 17:</b> Sensor à laser, semelhante ao utilizado no projeto.....	34
<b>FIGURA 18:</b> Sensor de corrente não invasivo.....	35
<b>FIGURA 19:</b> Divisor de tensão.....	37
<b>FIGURA 20:</b> Ligação do relé na protoboard.....	37
<b>FIGURA 21:</b> Circuito no <i>Fritzing</i> .....	38
<b>FIGURA 22:</b> Display de lcd semelhante ao utilizado no projeto.....	38
<b>FIGURA 23:</b> Sistema final circuito na protoboard.....	39

<b>FIGURA 24:</b> Locomotiva na margem de segurança, manobra autorizada.....	40
<b>FIGURA 25:</b> Locomotiva fora da margem de segurança, manobra não autorizada.....	40
<b>FIGURA 26:</b> Ativo fora da margem de segurança de segurança, manobra autorizada.....	41
<b>FIGURA 27:</b> Ativo na margem de segurança, manobra autorizada.....	41

## **LISTA DE TABELAS**

**TABELA 1: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS ARDUINO MEGA 2560.....24**

**TABELA 2: COMPONENTE DO SISTEMA.....36**

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**UEMA** – Universidade Estadual do Maranhão

**SIS** – *Safety Instrumented System*

**IOT** – *Internet Of Things*

**RFID** – *Radio Frequency Identification*

**USB** – *Universal Serial Bus*

**LED** – *Light Emitting Diode*

**PWM** – *Pulse - Width Modulation*

**KB** – *QuiloByte*

**MHz** - *MegaHertz*

**EEPROM** – *Electrictrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*

**RAM** – *Ramdom Access Memory*

**CLP** – Controlador Lógico Programável

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	14
1.1. OBJETIVOS .....	15
1.1.1. OBJETIVO GERAL.....	15
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
1.2. METODOLOGIA .....	16
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	17
2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.....	17
2.2 INDÚSTRIA 4.0.....	18
2.2.1 PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0 .....	19
2.3 INTERNET DAS COISAS (INTERNET OF THINGS – IOT).....	20
2.4 SISTEMAS EMBARCADOS .....	21
2.5 ARDUINO.....	23
2.6 ARDUINO MEGA .....	23
2.6.1 PROGRAMAÇÃO .....	25
2.8 RELÉ .....	31
3. PROJETO.....	32
3.1 FLUXOGRAMA .....	32
3.2 SENSORES UTILIZADOS .....	33
3.3 REGRAS DE MANOBRAS .....	35
3.4 COMPONENTES UTILIZADOS .....	36
3.5 MONTAGEM DO CIRCUITO NA PROTOBOARD .....	36
4. RESULTADOS.....	40
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	42
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
ANEXOS .....	46

## 1. INTRODUÇÃO

A automação industrial é uma área de pesquisa que vem em uma crescente muito grande nos últimos anos. “O uso de dispositivos e a aplicação de soluções desenvolvidos em automação industrial tem grande repercussão sobretudo no setor industrial”[4]. Em busca de maior eficiência, segurança e confiabilidade no processo produtivo a indústria em geral, tem investido cada vez mais em tecnologias de automação e acompanhado de perto sua evolução a cada dia.

“A automação industrial começou a ganhar destaque na sociedade por volta da segunda metade do século XVIII, na Inglaterra. Foi nessa época que os sistemas de produção artesanal e agrário começaram a se transformar em industrial e foram desenvolvidos os primeiros dispositivos simples e semiautomáticos. Entretanto, somente no início do século XX que os sistemas se tornaram inteiramente automáticos [8]”.

Visto isso, a primeira etapa para a automação foi a mecanização da indústria (Processo de inserção das máquinas para substituir o trabalho feito por um humano ou animal), dando início a evolução das máquinas, com o intuito de melhorar o processo e gerar mais lucro, ou seja, produzir mais em menos tempo e com menos gastos.

A automação precisa de um conjunto de elementos para que o processo possa funcionar e ficar inteligente a ponto de melhorá-lo. Na realidade a implementação de uma solução de automação assenta no saber integrar um grande leque de tecnologias, colocando-as a funcionar como um todo [10].

O crescimento tecnológico na área da automação como, por exemplo, maior capacidade de processamento, comunicação entre máquinas, sensores de alta precisão, desenvolvimento de sistemas embarcados, entre outros, proporciona uma evolução bastante significativa da indústria, isso propicia a chamada “Quarta Revolução Industrial” ou “Indústria 4.0”. Segundo SILVEIRA, 2017, seu fundamento básico implica que conectando máquinas, sistemas e ativos, as empresas poderão criar redes inteligentes ao longo de toda a cadeia de valor que podem controlar os módulos da produção de forma autônoma.

Um sistema de segurança que possa proteger a produção se torna indispensável para a indústria moderna. De acordo com VENTURELLI, 2014, os Sistemas Instrumentados de Segurança (SIS, do inglês Safety Instrumented System), são utilizados para mitigar riscos e implantar instrumentação e controle industrial para segurança operacional em processos, tornando as plantas e suas malhas capazes de entrarem em falha segura, independente do sistema de controle, caso ocorra um incidente, protegendo os equipamentos, pessoas e meio ambiente. O objetivo principal desse tipo de sistema é utilizar a automação para prevenção de acidentes e mesmo que uma falha aconteça, o mesmo proporcionará uma condição segura.

Dependendo do tipo de produção, caso haja algum acidente, o impacto pode ser de uma dimensão muito grande, causando não apenas perdas materiais como também humanas. Desta forma, se faz necessário um modo de alertar as pessoas de toda a área, buscando evitar futuros acidentes. Este trabalho propõe um sistema de alarme a oficina de locomotivas de uma empresa de mineração em São Luís – Maranhão, mas especificadamente na área de manobra, proporcionando um ambiente seguro para os funcionários do local.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. OBJETIVO GERAL**

Este projeto tem como seu principal objetivo propor um sistema de alarme para auxílio na manobra de locomotivas, a fim de reduzir os riscos que uma movimentação não autorizada pode trazer. Uma vez que seja detectado algum perigo, um alarme será acionado como forma de alerta, no intuito de evacuar a área e, dessa forma, evitar acidentes.

### **1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Montar um protótipo do sistema que será aplicado;
- Realizar um estudo de caso na área que será feita a aplicação;
- Gerir, através do controle e tratamento dos dados, os sensores;

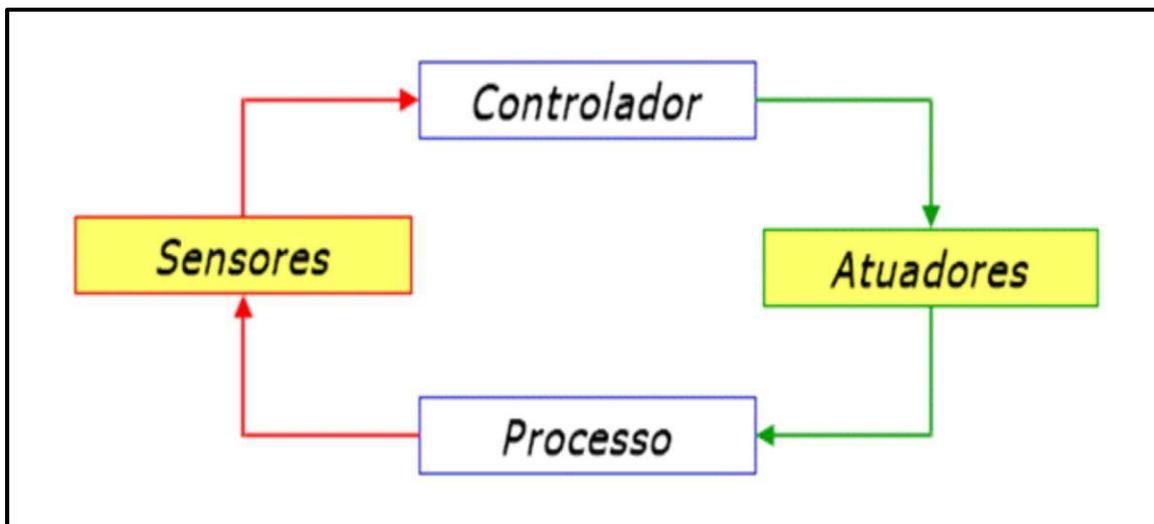
- Fazer testes do sistema, para que possa obter-se um alto grau de confiabilidade.

## 1.2. METODOLOGIA

Inicialmente foi realizado um estudo de caso, com a intenção de escolher a melhor estratégia para o local, após a ideia ter sido criada. Foi feita uma pesquisa com a finalidade de escolher o melhor sensor para aplicação. Definido o sensor, foram decididos os outros equipamentos que compõem o sistema.

Para a criação do projeto foi utilizado o ambiente de desenvolvimento Arduino, a placa de desenvolvimento Arduino Mega baseada no ATmega1280, um sensor de distancia/posição detectar a movimentação da locomotiva, entre outros dispositivos que serão detalhados mais a frente, no tópico de desenvolvimento. Foi elaborado o código para o arduino que fosse capaz de realizar a tarefa com perfeição.

**FIGURA 1:** Diagrama em Blocos de um Sistema de Automação



**Fonte:** <https://clpredes.wordpress.com/2010/05/31/como-funciona-o-clp/>

Em seguida, foi montado um protótipo para a realização dos testes finais e simulações para avaliar a confiabilidade do sistema e assim decidir se estava pronto para a aplicação na oficina.

### 1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em quatro capítulos: o primeiro contendo a introdução, apresentando as motivações e objetivos. O segundo mostra o referencial teórico necessário para o desenvolvimento do projeto.

O terceiro capítulo apresenta todo o material utilizado e testes feitos, para construção e validação do sistema. O quarto apresenta as conclusões e resultados do presente trabalho e sugestões para melhorias.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados os conceitos básicos necessários para o entendimento completo do sistema. Será abordado também desde a área de inspiração até os componentes do projeto.

### 2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Os primeiros sistemas automatizados foram idealizados em meados do século XIX, em meio a revolução industrial. Nessa época, atividades manuais passaram a ser substituídas por maquinários adaptados. No momento atual, a automação se baseia na implantação de sistemas ciber-físicos, gerando um melhor controle de processos e materiais, contribuindo de forma direta para decisões gerenciais mais rápidas e eficientes.

**FIGURA 2:** Etapas da revolução industrial desde a primeira, até a indústria 4.0



Fonte: Blog da IBM

A automação industrial visa, principalmente, a criação de mecanismos que possam produzir o melhor produto com menor custo. SILVEIRA, 2017 afirma que alguns objetivos devem ser buscados nos projetos de automação industrial, são eles:

- ✓ Melhorar a produtividade de uma empresa aumentando o número de itens produzidos por hora de forma a reduzir os custos de produção e aumentar a qualidade.
- ✓ Melhorar as condições de trabalho das pessoas eliminando trabalhos perigosos e aumentando a segurança.
- ✓ Realizar operações que seriam impossíveis de controlar intelectualmente ou manualmente.
- ✓ Melhorar a disponibilidade de produtos de forma com que seja possível fornecer quantidades necessárias no momento certo.
- ✓ Simplificar a operação e manutenção de modo que o operador não precise ter grande expertise ao manusear o processo de produção.

Após passar por muitos processos de evolução, a automação industrial, junto com outras novas tecnologias, formam a quarta revolução industrial, conhecida também como “INDÚSTRIA 4.0”.

## **2.2 INDÚSTRIA 4.0**

De acordo com VILLAR, 2016, no começo da década de 1940 houve grande avanço industrial sintetizado no Brasil pela criação de algumas empresas nacional, como a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Companhia Vale do Rio Doce e Fábrica Nacional de Motores, fomentado pelo governo de Getúlio Vargas e com o pioneirismo de Irineu Evangelista de Souza, o Barão de Mauá, que é considerado o grande primeiro industrial brasileiro, sendo o responsável pela primeira fundição de ferro, primeira ferrovia e primeiro estaleiro do Brasil.

Indústria 4.0 é caracterizada pela introdução da tecnologia da informação na indústria. Essa é a nova tendência que está sendo adotada pelas grandes corporações para sair na frente do seu mercado. [7] A evolução da indústria é guiada, sobretudo, pela

maior produção, com menos erros, em menor tempo e com um maior lucro para empresa. Para alcançar esse leque de vantagens, as empresas têm investido cada vez mais em tecnologia, principalmente na área de automação.

Além dos benefícios citados a cima, com a utilização de sensores e um processamento de dados quase em tempo real, pode-se fazer manutenção preventiva, diminuindo assim a probabilidade de acidentes nas linhas de produção. Utilizando a conexão sem fio, tem-se a capacidade de fazer uma área totalmente inteligente e assim dando aos empreendedores uma nova forma de gestão.

“Quando a tecnologia sem fio for perfeitamente aplicável, a Terra inteira será convertida em um imenso cérebro, o que de fato é, com todas as coisas sendo partículas de um todo real e rítmico” [3]

Dito isso, é possível notar o grande progresso da tecnologia nos últimos anos. Percebe-se ainda que essa evolução é contínua e de forma cada vez mais rápida, desde o final do século XVII, com a primeira revolução industrial, até hoje pode ser percebido o salto que foi dado em um período relativamente curto na história.

### **2.2.1 PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0**

Segundo Longo, 2017 os 6 princípios básicos da Industria 4.0 são:

✓ Operar em tempo real é basicamente adquirir, tratar e analisar todos os dados de qualquer área da indústria (desde recebimento, operação, fabricação, logística,...) fazendo com que as decisões sejam tomadas em tempo real. Desta forma, há o aumento da assertividade nas tomadas de decisões, pois é possível acompanhar todas as etapas do processo no momento em que elas acontecem.

✓ Virtualização: Virtualizar nada mais é do que manter uma cópia virtual de toda a indústria em servidores específicos. A grande vantagem da virtualização é a rastreabilidade e monitoramento remoto de todos os processos através de sensores industriais espalhados em toda a planta fabril.

✓ Descentralização: A ideia da descentralização é de o fato das tomadas de decisões serem tomadas pelo próprio sistema cyber-físico, de acordo com as necessidades da fábrica em tempo real de produção e operação. Vale lembrar também que na Indústria 4.0 as máquinas não receberão apenas comandos, mas fornecerão

informações em tempo real sobre seu ciclo de trabalho e poderão estar programadas para se auto ajustarem no que for preciso para deixar a indústria sempre eficiente.

✓ **Orientação a Serviços:** Serviços e operações são orientadas e estruturadas através de softwares específicos, que também estão virtualizados e conectados com toda a indústria.

✓ **Modularidade:** A ideia da modularidade é a indústria produzir conforme a demanda, adicionando e/ou retirando módulos de produção automaticamente e em tempo real. Assim, é importante frisar que a indústria fica dividida em módulos independentes e inteligentes, que se comunicam entre si, para utilizar somente os recursos necessários para a realização de cada operação, fazendo com que a indústria fique otimizada e diminua drasticamente os desperdícios com sucata, energia e mão-de-obra ociosa.

✓ **Interoperabilidade:** A ideia deste princípio é basicamente em ter sistemas cyber-físicos, sistemas humanos e softwares comunicar-se entre si através da IoT (Internet of Things).

### **2.3 INTERNET DAS COISAS (INTERNET OF THINGS – IOT)**

O termo Internet das Coisas, ou Internet of Things (IoT) em inglês, foi apresentado primeiramente por Kevin Ashton da MIT Auto Centre, em uma apresentação sobre RFID e a cadeia de suprimentos de uma grande companhia, em 1999. (Ashton, 2009). Segundo SILVEIRA ,2017 a IoT consiste em uma conexão em rede de objetos físicos, ambientes, veículos e máquinas por meio de dispositivos eletrônicos embarcados que permitem a coleta e troca de dados. Sistemas que funcionam a base da Internet das Coisas e são dotados de sensores e atuadores são denominados de sistemas Cyber-físicos, e são à base da indústria 4.0.

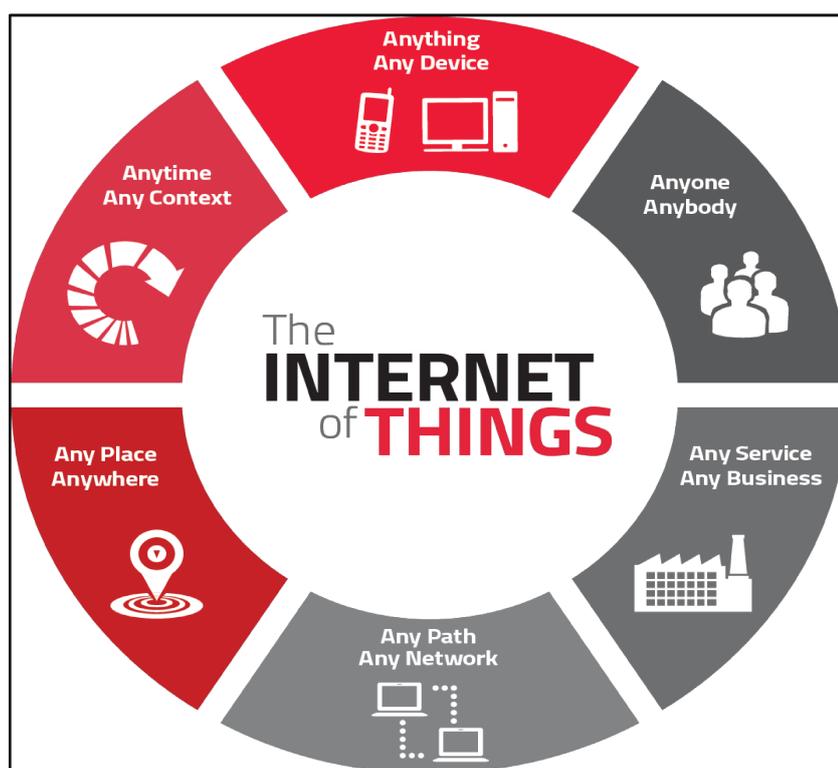
Nesse novo cenário, a pluralidade é crescente e previsões indicam que mais de 50 bilhões de dispositivos estarão conectados até 2020 [1]. Isso indica que a IoT vai fornecer uma gama de novas possibilidades, não apenas para ambientes industriais como também para a sociedade, partindo de um sistema mais simples até chegar as tão sonhadas cidades inteligentes. A melhor maneira de promover a interação suave entre pessoas e dispositivos inteligentes é aumentando a coordenação e a cooperação entre ambos, os produtos estão ficando mais espertos, inteligentes, exigentes e presunçosos.

[6]

Deve-se levar em consideração que o nível de segurança deve ser elevado, caso alguém com má intenção consiga invadir um equipamento que seja ele irá ter acesso a todo sistema, devido a interconexão de todos os aparelhos. Por isso é sempre importante ter alguns cuidados, que incluem desde a elaboração de senhas até a implantação de barreiras de autenticação, para dificultar o trabalho dos *hackers*.

A junção da IoT com a indústria abre novas janelas de oportunidades para desenvolver sistemas que irão evoluir ainda mais as linhas produção, com tomadas de decisões mais rápidas e uma maior eficiência operacional, impactando na maximização de lucros.

**FIGURA 3** : The Internet of Things - IOT (Internet das Coisas)



**Fonte:** <http://www.renataabranhcs.com.br/wpcontent/uploads/2014/07/IoT1.png>

## 2.4 SISTEMAS EMBARCADOS

De acordo com TOCCI & WIDMER, 2011, os sistemas digitais tornaram-se parte do nosso dia-a-dia devido ao modo intenso pelo qual os circuitos digitais e as técnicas digitais passaram a ser utilizados em quase todas as áreas: computadores, automação, robôs, tecnologias e ciências médicas, transportes, telecomunicações, entretenimento, e assim por diante.

Um sistema embarcado é um sistema que tem dedicação exclusiva com o dispositivo ou sistema que ele controla, ou seja, um computador construído para um único propósito de sua aplicação, exemplos desse tipo de sistema são:

- ✓ Sistemas de controle de acesso biométrico
- ✓ Controle de temperatura de ar-condicionado
- ✓ MP3 players
- ✓ Impressoras
- ✓ Equipamentos de rede
- ✓ Equipamentos portáteis de medição
- ✓ Sistemas de monitoramento médico

Esse tipo de sistema realiza um conjunto de tarefas pré-definidas e em geral com requisitos específicos. Algumas características que foram identificadas por Peter Marwedel estão listadas abaixo:

- ✓ Sistemas embarcados são projetados para realizar uma função ou uma gama de funções e não para serem programados pelo usuário final, como os computadores pessoais. O usuário pode alterar ou configurar a maneira como o sistema se comporta, porém, não pode alterar a função que este realiza.
- ✓ Sistemas embarcados normalmente interagem com o ambiente em que se encontram, coletando dados de sensores e modificando o ambiente utilizando atuadores.
- ✓ Sistemas embarcados devem ser confiáveis. Muitos destes sistemas realizam funções críticas, onde falhas podem causar catástrofes. A principal razão para que estes sistemas sejam a prova de falhas, é que eles interagem com o meio, causando impactos a este.
- ✓ Grande parte dos sistemas embarcados não possui teclados, mouse, monitores ou outros dispositivos encontrados em computadores pessoais para realizar interfaceamento com o usuário. Sistemas embarcados possuem interfaces dedicadas, como botões, led's (*Light Emitting Diode*) e chaves. Por isso dificilmente o usuário reconhece a informação sendo transmitida ou processada dentro deles.
- ✓ Muitos sistemas embarcados são híbridos, pois são compostos por partes analógicas e partes digitais. As partes analógicas utilizam sinais contínuos em

valores de tempo contínuos, e as partes digitais usam sinais discretos no tempo discreto.

- ✓ Tipicamente, sistemas embarcados são reativos ao ambiente, ou seja, eles estão em interação contínua com o ambiente e executam em um ritmo determinado por este. Pode-se dizer que um sistema reativo encontra-se em um estado, esperando por uma entrada. Para cada entrada recebida, ele realiza o processamento da informação e gera uma saída. Autômatos são exemplos de sistemas reativos.

## **2.5 ARDUINO**

O Arduino é uma plataforma de código livre de hardware/software muito acessível para a população, pelo seu preço e pelo seu funcionamento. Como explica SOARES (2013), cada placa Arduino é constituída por um “controlador [...], pinos digitais e analógicos de entrada e saída, entrada USB – o que permite conexão com computadores – ou serial e possui código aberto”. Essa plataforma nasceu com o intuito de ser uma ferramenta fácil para prototipagem simples, destinada a iniciantes em eletrônica e programação, porem atingiu uma comunidade maior, tendo assim a necessidade de se adaptar a projetos mais robustos. Tendo assim disponíveis vários tipos de placas e acessórios para diversos tipos de projetos e sistemas. As placas Arduino são capazes de ler entradas - luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem do Twitter - e transformá-lo em uma saída - ativando um motor, acendendo um LED, publicando algo online. [15]

## **2.6 ARDUINO MEGA**

A placa utilizada neste trabalho foi a Arduino MEGA 2560 (Figura 4). Ela possui dimensões relativamente pequenas para as quantidades de pinos disponíveis. Possui dimensões de 4”X 2,1”, contendo 54 pinos de E / S digitais, 16 pinos de entradas analógicas, o seu micro controlador é o ATMEL ATmega2560 que integra 256 KB de Flash, 8 KB de RAM e 4 KB de EEPROM. Mais informações podem ser vistas na Tabela 1.

**TABELA 1: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS ARDUINO MEGA 2560**

COMPONENTE	ESPECIFICAÇÃO
Microcontrolador	ATmega2560
Tensão operacional	5V
Tensão de entrada (recomendada)	7-12V
Tensão de entrada (limite)	6-20V
Pinos de E / S digitais	54 (dos quais 15 fornecem saída PWM)
Pinos de entrada analógicos	16
Corrente DC por pino I / O	20 mA
Corrente DC para Pin 3.3V	50 mA
Memória flash	256 KB, dos quais 8 KB utilizados pelo carregador de inicialização
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidade do relógio	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Comprimento	101,52 mm
Largura	53,3 mm
Peso	37 g

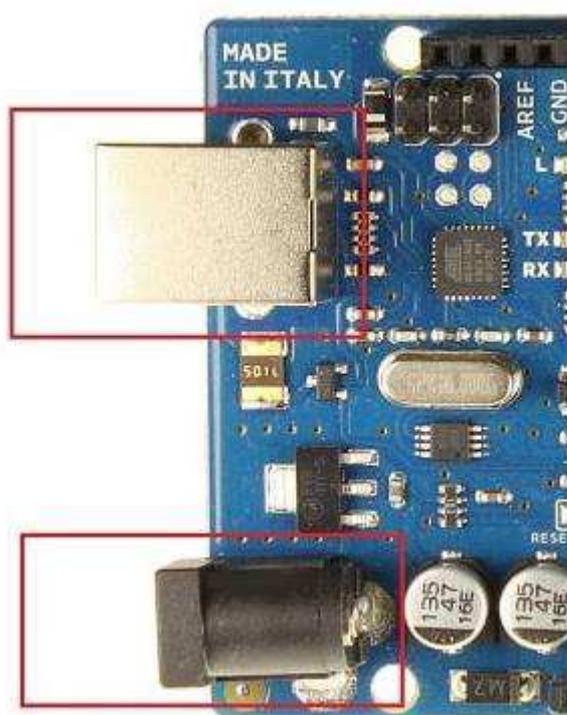
**FIGURA 4: Placa de Arduino mega**



Fonte: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>

Essa placa pode ser alimentada de duas formas, por USB, do inglês Universal Serial Bus ou alimentação externa de 6 a 20 volts, sendo que se for fornecido menos de 7v os pinos de 5v podem fornecer menos do que o prometido e caso for utilizado tensão maior que 12 volts o regulador de tensão pode superaquecer e danificar a placa.

**FIGURA 5:** Alimentação da placa

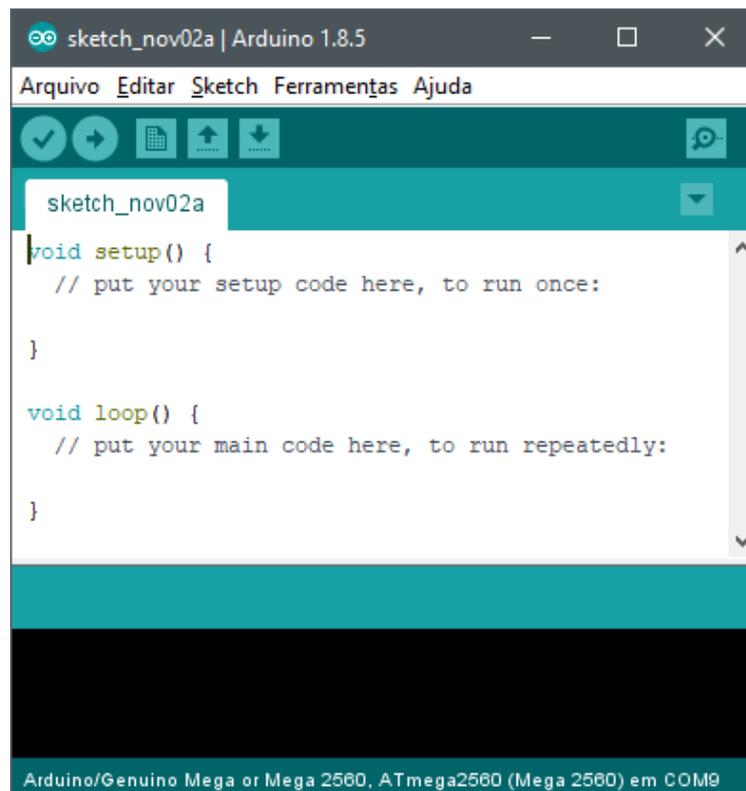


**Fonte:** <https://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>

### 2.6.1 PROGRAMAÇÃO

A programação do arduino pode ser feito através de sua IDE, que é uma aplicação *java* cujo objetivo é de facilitar o desenvolvimento dos programas, sendo nela possível a escolha da placa, além de oferecer muitas bibliotecas e exemplos que podem ser utilizados como base para qualquer sistema. A gravação do programa na placa é feito por transferência direta, utilizando o USB. Os programas podem ser divididos em três partes principais: estrutura, valores e funções.

**FIGURA 6:** IDE Arduíno



**Fonte:** autor

## 2.7 SENSORES

Basicamente um sensor é um dispositivo que detecta e responde com eficiência a um estímulo ou entradas de um ambiente físico. Os sensores fornecem sinais que devem ser condicionados antes de serem utilizados. Assim, quando um sensor recebe uma entrada específica ele emite uma saída que geralmente é um sinal que pode ser convertido e interpretados por outros dispositivos como CLP (Controlador Lógico Programável), do inglês *Programmable Logic Controller*, no caso deste trabalho foi utilizado o arduino MEGA 2560.

Têm-se muitos tipos de sensores, os mais comuns serão listados a seguir:

✓ **Sensores Indutivos**

**FIGURA 7:** Sensor indutivo



**Fonte:** [http://www.solucoesindustriais.com.br/images/produtos/imagens\\_294/p\\_ensores-indutivos\\_1.jpg](http://www.solucoesindustriais.com.br/images/produtos/imagens_294/p_ensores-indutivos_1.jpg)

Os sensores indutivos, também conhecidos como sensores de proximidade, são dispositivos eletrônicos para o ambiente industrial que apresenta a capacidade de detectar objetos metálicos. O sensor consiste de uma bobina em um núcleo de ferrite, um oscilador, um detector de nível de sinais de disparo e um circuito de saída.

**FIGURA 8:** Sensor capacitativo

✓ **Sensores Capacitivos**



**Fonte:** <https://www.citisystems.com.br/wp-content/uploads/2015/09/sensor-capacitivo.jpg>

Os sensores capacitivos detectam qualquer tipo de massa, logo, são aplicados onde existe a necessidade de detecção de materiais não metálicos. São utilizados também para detecção do nível de líquidos e sólidos. Além disso, permite a medição linear de pequenos deslocamentos, da ordem de aproximadamente zero até três.

#### ✓ Sensores de corrente

São sensores que medem a corrente elétrica alternada dando uma resposta analógica que pode ser tratada por um controlador, tem-se sensores invasivos e não invasivos, os invasivos necessitam serem ligados nos fios de alimentação do equipamento que está sendo feito a medição, já os não invasivos basta apenas coloca-lo em volta de um dos fios ligados ao equipamento a ser monitorado.

**FIGURA 9:** Sensor de corrente



**Fonte:** <https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>

### ✓ Sensores Fotoelétricos

**FIGURA 10:** Sensor fotoelétrico



**Fonte:** <http://ab.rockwellautomation.com/pt/Sensors-Switches/Laser-Sensors/Teach-In-Measurement-Laser-Sensors>

Aumentando o range de detecção sem contato físico, os sensores fotoelétricos são utilizados em processos de automação industrial para detectar diversos tipos de materiais.

### ✓ Sensores Lasers

Os sensores laser têm alta sensibilidade e alta precisão, se comparados aos tradicionais sensores fotoelétricos. Os sensores diodo laser combinam as vantagens de alinhamento de um feixe de detecção visível com um range de detecção maior proporcionado pelo laser.

**FIGURA 11:** Sensor laser



**Fonte:** <https://www.di-soric.com/en/Distance-Sensors-di-soric-30680.html>

### ✓ Sensores Ultrassônicos

Sensores microprocessados com saída digital simples ou dupla, saída analógica em tensão ou corrente. São dispositivos de estado sólido autônomos projetados para detecção de objetos sólidos ou líquidos.

**FIGURA 12:** Sensor ultrassônico



**Fonte:** <https://www.mecanicaindustrial.com.br/wp-content/uploads/2012/06/Sensor-ultrass%C3%B4nico.jpg>

### ✓ Sensores Magnéticos

Os sensores de proximidade magnéticos foram idealizados para detectar o campo magnético gerado por um ímã que pode ser um acionador magnético. Esse tipo de sensor efetua um chaveamento eletrônico mediante a presença de um campo magnético externo.

**FIGURA 13:** Sensor magnético

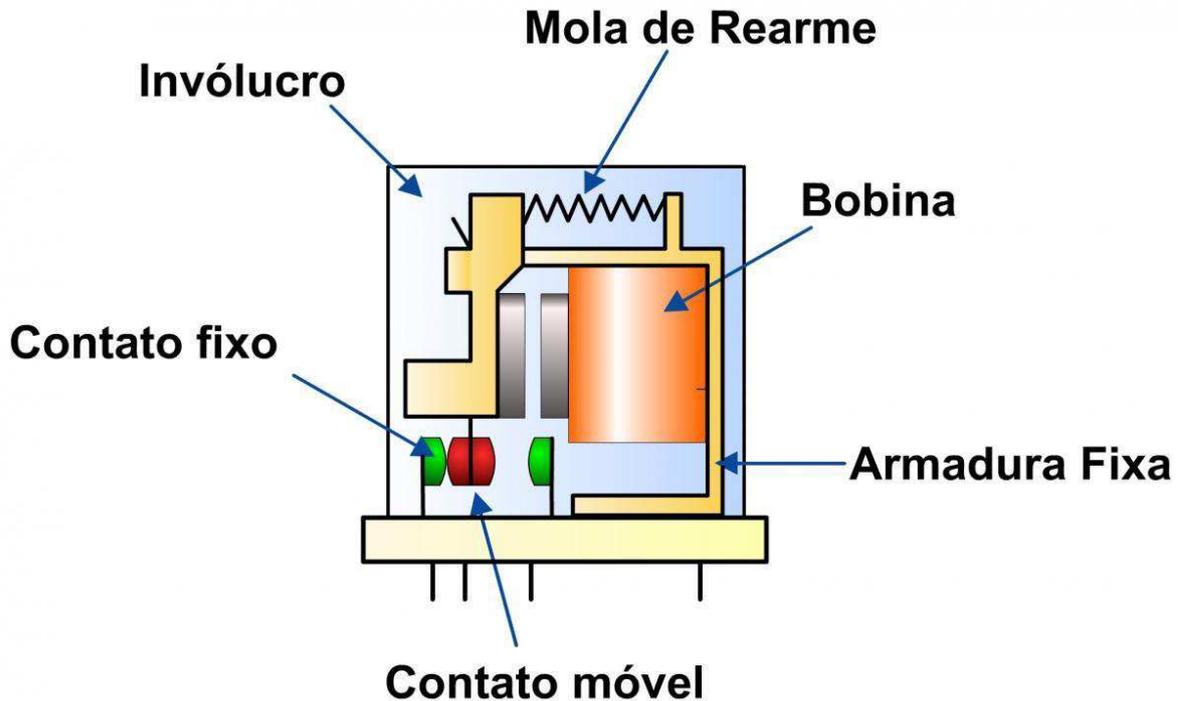


**Fonte:** [http://static.weg.net/medias/images/hed/hbb/WDC\\_SensoresIndustriais\\_SensoresMagneticos\\_515Wx515H.jpg](http://static.weg.net/medias/images/hed/hbb/WDC_SensoresIndustriais_SensoresMagneticos_515Wx515H.jpg)

## 2.8 RELÉ

O relé é um dispositivo eletromecânico criado em meados do século XIX, com a criação do eletroímã pelo americano Joseph Henry, ele é formado por um magneto móvel, que se desloca unindo dois contatos metálicos.

**FIGURA 14:** Relé



**Fonte:** [https://www.findernet.com/sites/default/files/inline-images/rele\\_3.jpg](https://www.findernet.com/sites/default/files/inline-images/rele_3.jpg)

O funcionamento do relé pode ser considerado bem simples, quando uma corrente circula pela bobina ela cria que atrai o contato fechando ou abrindo o circuito, quando essa corrente é interrompida o campo magnético cessa e os contatos voltam a sua posição inicial.

### 3. PROJETO

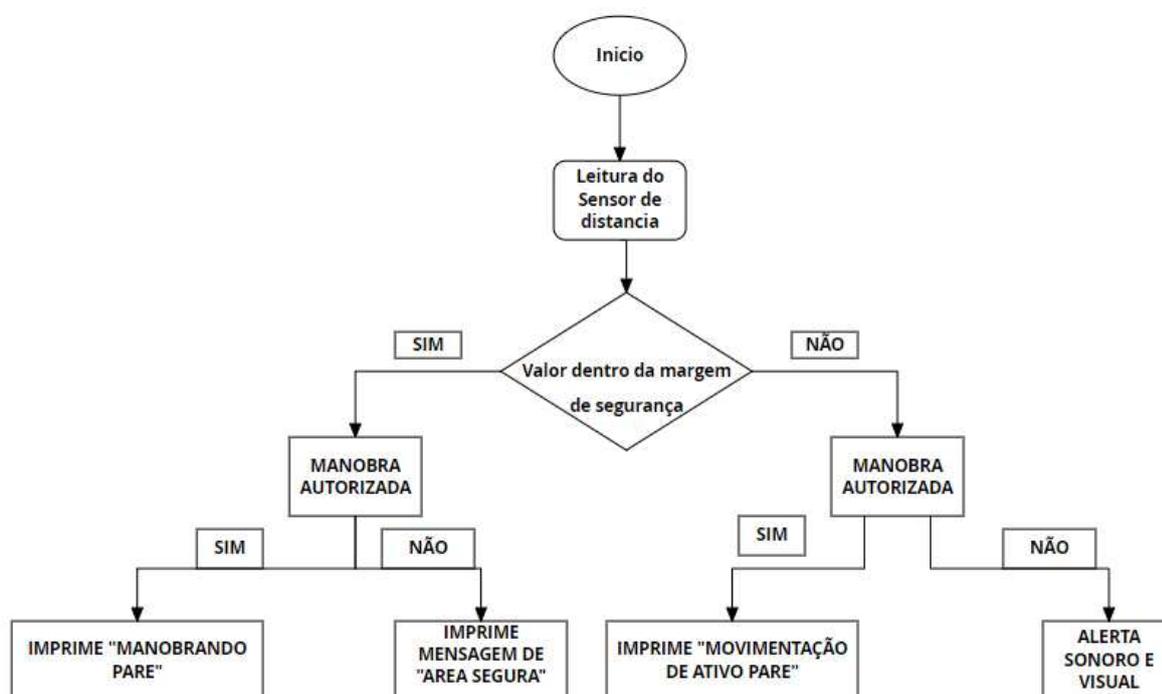
Neste capítulo será apresentado como o projeto foi desenvolvido, desde seu planejamento até sua aplicação, todos os componentes utilizados e os testes feitos.

#### 3.1 FLUXOGRAMA

Um fluxograma é a representação gráfica de um processo com o objetivo de descrever passo a passo a natureza e o fluxo deste processo. Após a criação da ideia do sistema, foi criado um fluxograma a fim de que se torne mais fácil o entendimento de todo o processo do sistema de monitoramento.

Em poucas palavras, um sensor óptico irá captar a distância que a locomotiva está da entrada da oficina, essas informações serão enviadas ao arduino, que por sua vez, irá comparar essa entrada com os valores já estabelecidos, para determinar se a locomotiva está a uma distância segura da passagem de pedestres e da entrada da oficina. Caso esta distância não esteja respeitando a margem de segurança, será ativado um alerta visual e sonoro, para que todos fiquem cientes de que a área não está segura. Este processo será exibido no fluxograma da figura 15.

**FIGURA 15:** Fluxograma do sistema



Fonte: autor

### 3.2 SENSORES UTILIZADOS

Para fazer a coleta dos dados da distancia, era necessário ter um sensor que detectasse a locomotiva em até 5 metros, o primeiro sensor utilizado para esse objetivo foi um sensor ultrassônico, do tipo LV-MaxSonar®-EZ1™ que atende a demanda da distancia, segundo as especificações sua faixa de detecção vai de 0 a 6.5m.

**FIGURA 16:** Sensor ultrassônico, semelhante ao utilizado no projeto

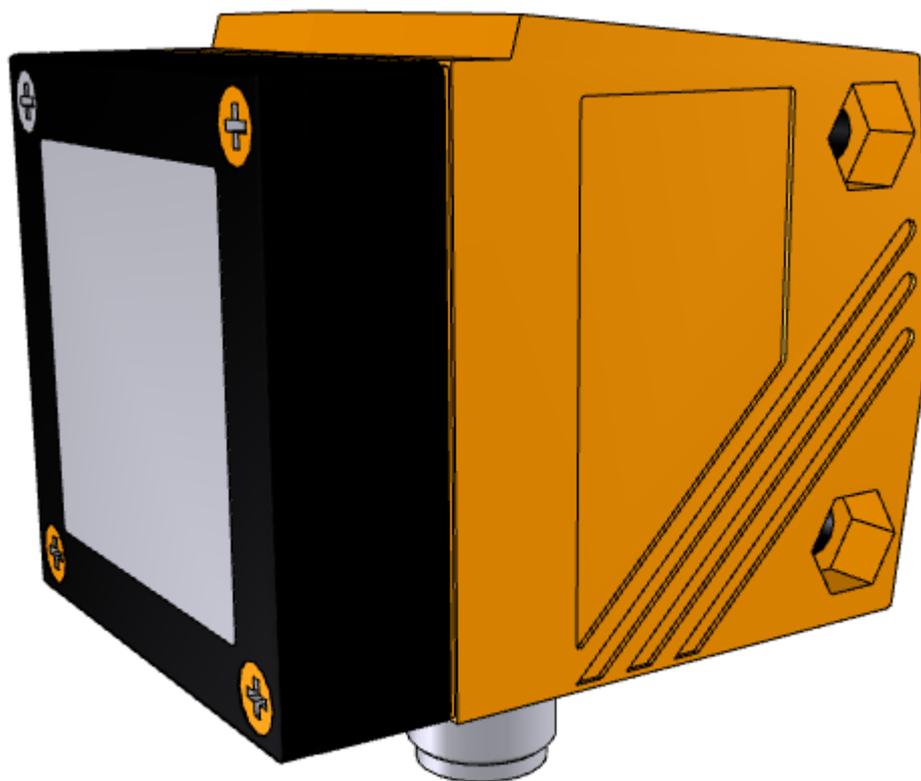


Fonte: <https://multilogica-shop.com/sensor-ultras%C3%B4nico-de-dist%C3%A2ncia-maxbotix-lv-ez1>

Porém, foi visto quando feito os testes, que o sensor ultrassônico não seria a melhor opção, já que o numero de interferência na onde era muito grande, o que gerava muitos alarmes falsos.

Então se teve a ideia de utilizar um sensor a laser, que daria uma maior e melhor precisão para o sistema, além que diminuir consideravelmente o número de interferência, o modelo escolhido foi O1D104 que tem o alcance de medição 0,2... 10m, proteção IP67 (Proteção contra ingresso de poeira e Proteção contra entrada de água quando o aparelho estiver imerso sob condições especificadas de pressão e tempo) e tem saída digital abertura / fechamento programável de 12v que pode ser programada no próprio sensor.

**FIGURA 17:** Sensor à laser, semelhante ao utilizado no projeto



Fonte: <https://www.ifm.com/products/br/ds/O1D104.html>

Visto isso foi decidido que a melhor opção para este tipo de sistema é o sensor a laser, principalmente por ser um sistema de segurança que necessita ter um alto grau de confiabilidade.

Após a decisão de qual sensor iria ser utilizado para fazer a medição da distancia, era necessário fazer a leitura de quando a manobra seria autorizada ou não. Segundo o ROF (Regulamento de operação ferroviária) da empresa, sempre que houver uma manobra, é acionado um giroflex para a sinalização da mesma, então a melhor forma de saber se a manobra seria autorizada ou não, é fazendo a leitura do giroflex. Para isso foi utilizado um sensor de corrente, o sensor escolhido foi o sensor de corrente não invasivo 30A SCT013, este sensor permite fazer a leitura da corrente em tempo real sem ser necessária à instalação do mesmo na rede elétrica, apenas o colocando em volta de um dos fios, o giroflex em questão funciona com corrente alternada de aproximadamente 0.2 A, possibilitando a leitura de quando a manobra for autorizada.

**FIGURA 18:** Sensor de corrente não invasivo



Fonte: [https://www.marinostore.com/1262-thickbox\\_default/sensor-de-corrente-nao-invasivo-30a-sct-013.jpg](https://www.marinostore.com/1262-thickbox_default/sensor-de-corrente-nao-invasivo-30a-sct-013.jpg)

### **3.3 REGRAS DE MANOBRAS**

A empresa em que o projeto foi aplicado tem regras específicas sobre a manobra, para o projeto ser funcional foi necessária à adequação do sistema a esse regulamento. A distância que a locomotiva deve ficar parada do caminho seguro é de no mínimo 5 metros, então foi inserido essa distância mínima no sistema.

Outra regra inserida no sistema foi que sempre que houver uma manobra um giroflex é acionado, então se houver alguma movimentação de locomotiva dentro da faixa de 5 metros sem a devida sinalização, é acionado um alarme visual e sonoro para alertar toda a área que a uma movimentação de locomotiva não autorizada está acontecendo.

### 3.4 COMPONENTES UTILIZADOS

A tabela 2 mostra os dispositivos que foram utilizados para a montagem do sistema.

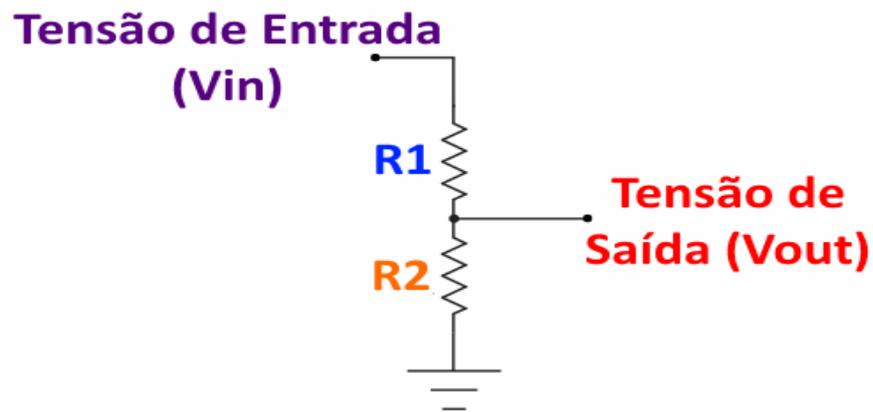
**TABELA 2: COMPONENTE DO SISTEMA**

COMPONENTES	Quantidade
Arduino Mega 2560	1
Sensor optico O1D104	1
Módulo relé	1
Display LCD	1
Sensor Corrente Ac - 30 <sup>a</sup>	1
Jumpers	
LEDS	2
Capacitor	1
Resistores	4
Protoboard	1
Fonte 12v	1

### 3.5 MONTAGEM DO CIRCUITO NA PROTOBOARD

Foi utilizada uma protoborad para montar o circuito e testar as ligações entre todos os componentes do sistema para ver se de fato funcionariam. O primeiro problema detectado foi que o sinal de saída do sensor de distancia é de 12 V e o arduino só suporta 5V de entrada, para resolver esse problema foi feito um divisor de tensão, utilizando um resistor de 47k $\Omega$  e um de 33k $\Omega$  gerando uma tensão 4,95 V.

**FIGURA 19:** Divisor de tensão



Fonte: <http://www.arduinoocia.com.br/p/calculador-divisor-de-tensao-function.html>

Para acionar o alerta sonoro foi utilizado um modulo relé, que é ativado pelo arduino assim que o sensor a laser detecta alguma movimentação fora dos parâmetros e o sensor de corrente não detecta que está acontecendo alguma manobra. A ligação do relé com a sirene é mostrada nas figuras 20 e 21.

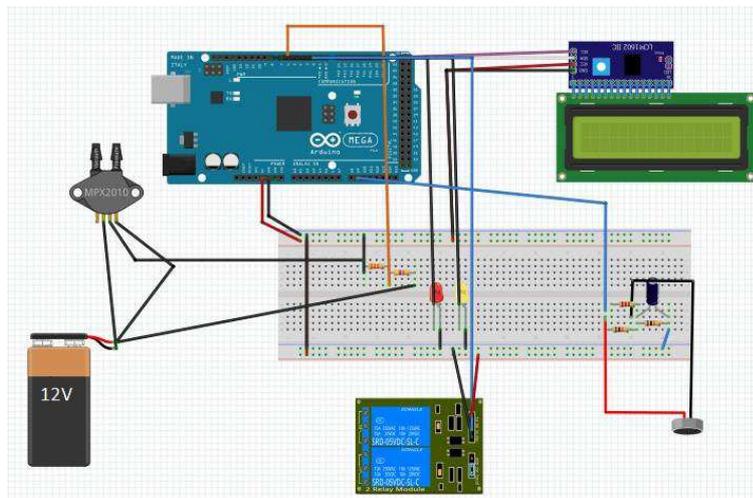
**FIGURA 20:** Ligação do relé na protoboard



Fonte: autor

Utilizou-se um led amarelo para indicar a manobra autorizada e um led vermelho para quando houver uma movimentação não autorizada. O esquemático do circuito foi feito com o programa *Fritzing*.

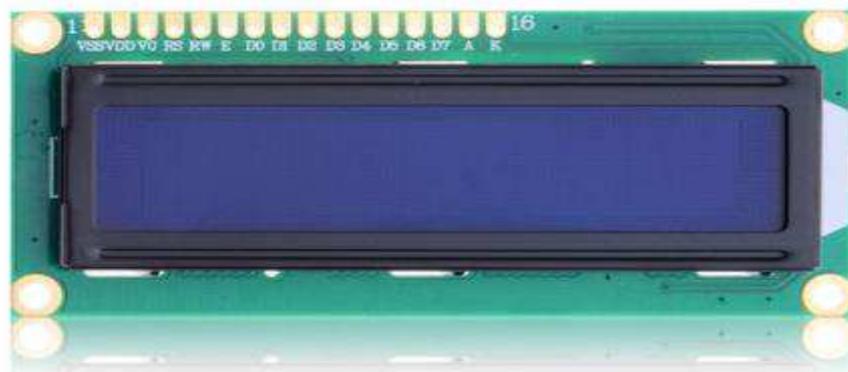
**FIGURA 21:** Circuito no *Fritzing*



Fonte: autor

Utilizou-se um Display Lcd 16x2, para sua conexão com o arduino optou-se pelo módulo *I2C* o qual proporcionou uma economia de pinos digitais. No Display é mostrado todos os tipos de movimentação que pode ocorrer, além de mostrar para as pessoas quando a área está segura ou não.

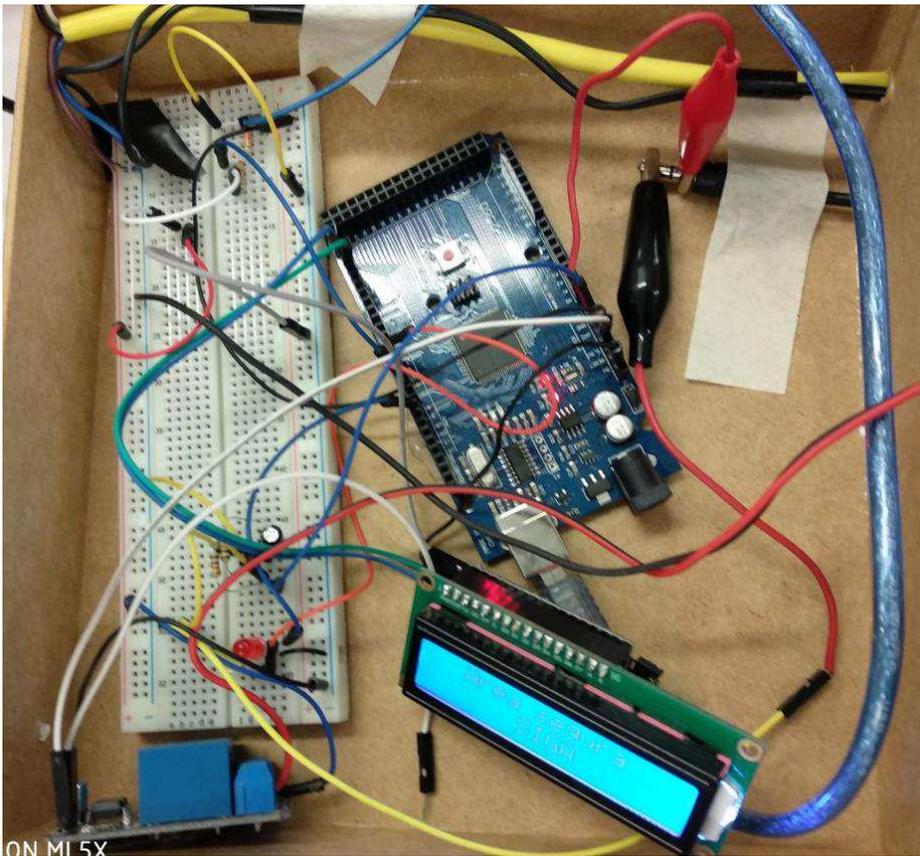
**FIGURA 22:** Display de lcd semelhante ao utilizado no projeto



Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-16x2-backlight-azul/>

Foi ligado ao modulo relé uma sirene que funcionara para o alerta sonoro. Na figura 23 é mostrado o sistema final montado na *protoboard*.

**FIGURA 23:** Sistema final – circuito na *protoboard*



Fonte: autor

Todos os componentes funcionaram como esperado, foram feitos todos os testes necessários no protótipo, sendo assim decidido que o sistema estava pronto para ser instalado e testado na área. Foram feitas todas as simulações de movimentações que poderiam acontecer em um processo de manobra de locomotivas e o sistema respondeu bem a todas.

#### 4. RESULTADOS

Todos os objetivos propostos foram alcançados com sucesso, o sistema se saiu bem e identificou todas as situações apresentadas, além de acionar o alarme sempre que necessário. O sensor óptico a laser foi de grande importância para uma maior confiabilidade do projeto, com esse sensor foi possível identificar com precisão qualquer movimentação da locomotiva, tendo uma leitura clara e uma resposta rápida para qualquer situação apresentada.

Abaixo estão listados todos os status mostrados nos displays para as respectivas situações.

**FIGURA 24:** Locomotiva na margem de segurança, manobra autorizada



Fonte: autor

**FIGURA 25:** Locomotiva fora da margem de segurança, manobra não autorizada



Fonte: autor

**FIGURA 26:** Ativo fora da margem de segurança de segurança, manobra autorizada



Fonte: autor

**FIGURA 27:** Ativo na margem de segurança, manobra autorizada



Fonte: autor

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido foi capaz de atender aos objetivos propostos inicialmente, detectando com eficiência sempre que a locomotiva esteve fora do campo de segurança, conseguindo alertar com eficiência todos da área. Esta tecnologia oferece uma barreira a mais na atividade de manobra, aumentando assim consideravelmente a sinalização do local e conseqüentemente a segurança.

O arduino por sua vez cumpriu muito bem sua função como central de processamento de dados. Foram feitas algumas modificações no projeto desde seu início até o sistema final, que foi realmente aplicado. A principal delas foi a mudança do sensor que detecta o movimento da locomotiva, do sensor ultrassônico para o sensor a laser, o que foi primordial para um melhor resultado e dessa maneira contribuindo para uma maior confiabilidade do sistema.

Foram feitas várias simulações e testes durante todo o processo de desenvolvimento. O sistema respondeu muito bem a todos os testes, estando pronto para ser aplicado na atividade de manobra de locomotivas. É importante destacar ainda a versatilidade do sistema em questão, sua aplicabilidade não se dá apenas na atividade de manobra, mas também, em qualquer atividade que envolva monitoramento de posição. Podendo ser aplicado em outras áreas da empresa.

## 6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir dos testes realizados, foram obtidos resultados muito satisfatórios com o projeto, resultados esses que demonstram a importância e eficácia do mesmo no aumento da segurança da oficina de locomotivas. Porém, algumas melhorias ainda podem ser feitas para que assim o sistema possa ser ainda mais completo, como por exemplo, a utilização de um sensor analógico, com a finalidade de monitorar a distância da locomotiva em tempo real. Essa ideia pode ser complementada com a utilização de um módulo *wireless*, transferindo as informações para qualquer dispositivo conectado na rede, passando informações em tempo real para o manobrista, aumentando ainda mais a confiabilidade da operação.

Outra sugestão é criar um banco de dados para ser incluído sempre que houver uma manobra, mapeando todos os horários de maior movimentação e assim predefinir períodos de maior risco na área.

A sugestão acima permite até a criação de um sistema que mostre todas as manobras que estão sendo feitas em nos horários pré-determinados, possibilitando que qualquer pessoa possa verificar antes de adentrar a oficina, diminuindo ainda mais o trânsito de pedestres durante a atividade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] EVAN, D. *A Internet das Coisas: Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo*. White paper Cisco, 2011. 13f. Abril, 2011. Disponível em: [https://www.cisco.com/c/dam/global/pt\\_br/assets/executives/pdf/internet\\_of\\_things\\_iiot\\_ibsg\\_0411final.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iiot_ibsg_0411final.pdf) Acesso em: 11 nov. 2017
- [2] GHINATO, P – *Sistema Toyota de Produção – mais do que simplesmente just-in-time*. 1996. Educ. Caxias do Sul. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/v5n2/v5n2a04.pdf> Acesso em: 30 de out.2017.
- [3] HUNT, I. **Lightning in His Hand: The Life Story of Nikola Tesla**. Peak District: Pikes Peak Library District, v. 1, 2010
- [4] PAREDE, I. M; H, EDSON. *Eletrônica: automação industrial*, São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011 (Coleção Técnica Interativa. Série Eletrônica, v. 6) Disponível em: <http://eletro.g12.br/arquivos/materiais/eletronica6.pdf>. Acesso em 10 Novembro 2017
- [5] MARWEDEL, P. *Embedded System Design*. Kluwer Academic Publishers, Dortmund, v. 1., 2003
- [6] NORMAN, D. *The design of future things*. New York: Basic Books, 2009.
- [7] ROMANO, M. *IOT na indústria 4.0*. 2017. Disponível em: <http://www.logiquesistemas.com.br/blog/iot-na-industria-4-0/> Acesso em: 10 de nov. 2017.
- [8] SANTOS, D. M. *Projeto de sistemas embarcados: Um estudo de caso baseado em microcontrolador e seguindo AOSD*. 2006. 54f. Trabalho de conclusão de curso. UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina, 2006. Disponível em: [http://www.lisha.ufsc.br/pub/Santos\\_BSC\\_2005.pdf](http://www.lisha.ufsc.br/pub/Santos_BSC_2005.pdf) Acesso em: 15 nov. 2017.
- [9] SANTOS, G. *O que é automação industrial?*. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/o-que-e-automacao-industrial/>

- [10] SILEVIRA, L ; LIMA, W. Q *Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial*. 2003. 3f. Trabalho de conclusão de curso - UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Natal – RN, 2003. Disponível em: [https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1\\_13.pdf](https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_13.pdf) Acesso em: 12 de nov. 2017.
- [11] SILVEIRA, C. B. *O que é indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo*. 2017. Disponível em <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/> Acesso em: 10 de nov. 2017.
- [12] SOARES, K. *O que é um Arduino e o que pode ser feito com ele*. 2016 Disponível em: <http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/10/o-que-e-um-arduino-e-o-que-pode-ser-feito-com-ele.html> Acesso em: 15 de nov 2017
- [13] TAVARES, J. M. T *Automação industrial: uma perspectiva de terreno*. ISEP - DEE - Neutro à Terra - Revista Técnico - Científica 2017, v. 19. Porto, 2013. Disponível em: [http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/3590/1/ART\\_JorgeTavares\\_2013\\_NAT.pdf](http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/3590/1/ART_JorgeTavares_2013_NAT.pdf) Acesso em: 21 de nov. 2017.
- [14] TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S.; MOSS, G. L. *Sistemas Digitais: princípios e aplicações*. 2011 Pearson, v. 15, 2011.
- [15] *O QUE É ARDUINO?* Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> Acesso em: 20 de nov.2017.
- [16] VILLAR, A. *Indústria 4.0: a revolução dos tempos modernos*. 2016. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/ind%C3%BAstria-40-revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-dos-tempos-modernos-andr%C3%A9> Acesso em: 11 de nov. 2017.

## ANEXOS

### APENDICE A

```
#include <EmonLib.h>
```

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
EnergyMonitor emon1;
```

```
int PInSensor = 6;
```

```
int PInRele = 3;
```

```
int PinLed = 2;
```

```
int PinLedA = 8;
```

```
int rede = 220;
```

```
int pino_cor = A1;
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
```

```
void setup() {
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```
    pinMode(PInSensor, INPUT);
```

```
    pinMode(PinLed, OUTPUT);
```

```
    pinMode(PinLedA, OUTPUT);
```

```
    pinMode(PInRele, OUTPUT);
```

```
    lcd.begin (16, 2);
```

```
    lcd.setBacklight(HIGH);
```

```
    emon1.current(pino_cor, 29);
```

```
}
```

```

void loop() {

    int digSensor = digitalRead(PInSensor);
    double Irms = emon1.calcIrms(1480);
    Serial.print("Corrente : ");
    Serial.print(Irms); // Irms
    Serial.print("SENSOR : ");
    Serial.println(digSensor);

    if (Irms >= 1.90 && Irms <= 1.99) {
        digitalWrite(PinLed, HIGH);
        digitalWrite(PInRele, LOW);
        if (digSensor == 1) {
            digitalWrite(PinLedA, LOW);
            digitalWrite(PInRele, HIGH);
            lcd.clear();
            lcd.setCursor(0, 0);
            lcd.print("ATIVO EM MOVIMENTO");
            lcd.setCursor(0, 1);
            lcd.print("PARE");
        } else {
            digitalWrite(PinLedA, LOW);
            digitalWrite(PInRele, HIGH);
            lcd.clear();
            lcd.setCursor(6, 0);
            lcd.print("PARE");
            lcd.setCursor(3, 1);
            lcd.print("Manobrando");
        }
    }
}

```

```
} else {  
    digitalWrite(PinLed, LOW);  
    if (digSensor == 1) {  
        digitalWrite(PinLedA, HIGH);  
        digitalWrite(PInRele, LOW);  
        lcd.clear();  
        lcd.setCursor(4, 0);  
        lcd.print("PERIGO");  
        lcd.setCursor(6, 1);  
        lcd.print("PARE");  
  
    } else {  
        digitalWrite(PinLedA, LOW);  
        digitalWrite(PInRele, HIGH);  
        lcd.clear();  
        lcd.setCursor(2, 0);  
        lcd.print("Area segura");  
        lcd.setCursor(6, 1);  
        lcd.print("SIGA");  
    }  
}}
```

APENDICE B

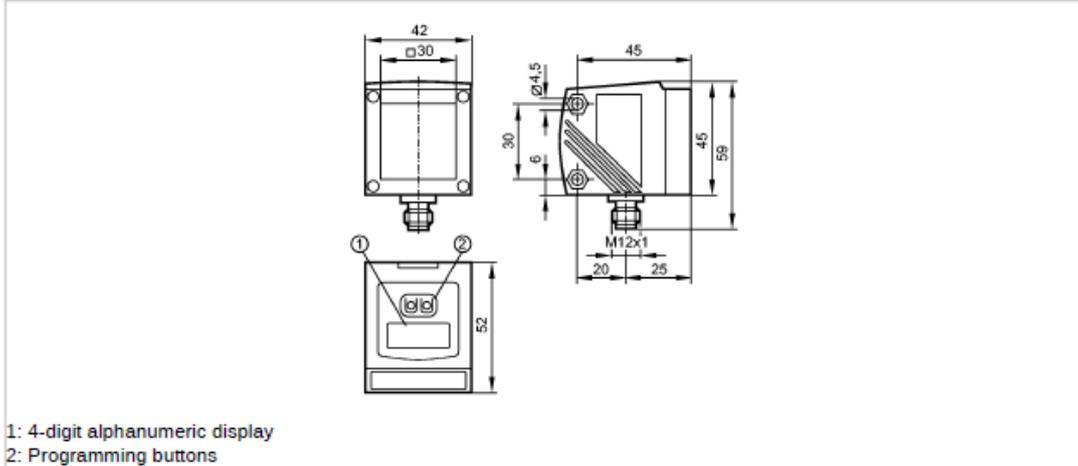
**efector200**



**O1D104**

O1DLFNKG

Photoelectric sensors



1: 4-digit alphanumeric display  
2: Programming buttons



Product characteristics	
Photoelectric distance sensor	
Quick disconnect	
Background suppression	
Visible laser light, protection class 2 laser	
4-digit alphanumeric display	
Measuring range 0.2...10 m (Range referred to white paper 200 x 200 mm, 90 % remission)	
Background suppression >10...100 m	
Electrical data	
Electrical design	DC NPN
Operating voltage [V]	10...30 DC
Current consumption [mA]	< 150
Life expectancy typ. [h]	50000
Protection class	III
Reverse polarity protection	yes
Outputs	
Output function	normally open / closed programmable
Current rating [mA]	200
Short-circuit protection	yes (non-latching)
Overload protection	yes
Monitoring range	
Background suppression	>10...100 m
Light spot diameter [mm]	< 15 x 15 ( Range 10 m )
Measuring / setting range	
Measuring range [m]	0.2...10 (Range referred to white paper 200 x 200 mm, 90 % remission)
Switching frequency [Hz]	5
Environment	
Ambient temperature [°C]	-10...60
Protection	IP 67

Tests / approvals	
MTTF	[Years] 228
Mechanical data	
Housing materials	housing: diecast zinc; window: glass; LED window: polycarbonate
Weight	[kg] 0.258
Displays / operating elements	
Display	Switching status LED yellow Power LED green Distance, programming 4-digit alphanumeric display
Electrical connection	
Connection	M12 connector
<b>Wiring</b> 	
Accessories	
Accessories (optional)	Protective cover E21133
Remarks	
Remarks	Caution: Laser Light Power <= 4.1 mW wavelength = 650 nm pulse 1.3 ns Do not stare into beam Avoid exposure Class 2 laser product EN 60825-1:2003-10 cULus - Class 2 source required
Pack quantity	[piece] 1
Other data	

**Repeatability / Accuracy**  
- extraneous light on the object max.: 40 klx

	Repeatability of the measured values		Accuracy	
	white (90 % remission)	grey (18 % remission)	white (90 % remission)	grey (18 % remission)
200...1000 mm	± 4.5 mm	± 6.0 mm	± 15.0 mm	± 16.0 mm
1000...2000 mm	± 5.0 mm	± 8.0 mm	± 15.0 mm	± 18.0 mm
2000...4000 mm	± 16.0 mm	± 19.0 mm	± 25.0 mm	± 30.0 mm
4000...6000 mm	± 24.0 mm	± 33.0 mm	± 35.0 mm	± 45.0 mm
6000...10000 mm	± 50.0 mm	--	± 65.0 mm	--

**Repeatability / Accuracy**  
- extraneous light on the object max.: 40...100 klx

	Repeatability of the measured values		Accuracy	
	white (90 % remission)	grey (18 % remission)	white (90 % remission)	grey (18 % remission)
200...2000 mm	± 14.0 mm	± 14.0 mm	± 24.0 mm	± 24.0 mm
2000...4000 mm	± 25.0 mm	± 30.0 mm	± 35.0 mm	± 40.0 mm

**O1D104**

O1DLFNKG

**Photoelectric sensors**

4000...6000 mm	± 31.0 mm	± 45.0 mm	± 41.0 mm	± 55.0 mm
6000...10000 mm	± 60.0 mm	--	± 70.0 mm	--

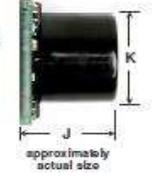
Range on black (6 % remission)  $\leq$  4000 mm  
The values apply at  
- constant ambient conditions: 23 °C / 960 hPa  
- minimum power-on time in minutes: 10

APENDICE C

## LV-MaxSonar®-EZ1™

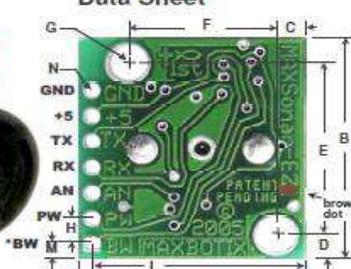
### High Performance Sonar Range Finder

*With 2.5V - 5.5V power the LV-MaxSonar®-EZ1™ provides very short to long-range detection and ranging, in an incredibly small package. The LV-MaxSonar®-EZ1™ detects objects from 0-inches to 254-inches (6.45-meters) and provides sonar range information from 6-inches out to 254-inches with 1-inch resolution. Objects from 0-inches to 6-inches range as 6-inches. The interface output formats included are pulse width output, analog voltage output, and serial digital output.*

approximately actual size

#### LV-MaxSonar®-EZ1™ Data Sheet



Brown dot parts enhanced for low noise chaining

A	0.785"	19.9 mm	H	0.100"	2.54 mm
B	0.870"	22.1 mm	J	0.645"	16.4 mm
C	0.100"	2.54 mm	K	0.610"	15.5 mm
D	0.100"	2.54 mm	L	0.735"	18.7 mm
E	0.670"	17.0 mm	M	0.065"	1.7 mm
F	0.510"	12.6 mm	N	0.038" dia.	1.0 mm dia.
G	0.124" dia.	3.1 mm dia.			weight, 4.3 grams

values are nominal

#### Features

- Continuously variable gain for beam control and side lobe suppression
- Object detection includes zero range objects
- 2.5V to 5.5V supply with 2mA typical current draw
- Readings can occur up to every 50mS, (20-Hz rate)
- Free run operation can continually measure and output range information
- Triggered operation provides the range reading as desired
- All interfaces are active simultaneously
  - Serial, 0 to Vcc
  - 9600Baud, 81N
  - Analog, (Vcc/512) / inch
  - Pulse width, (147uS/inch)
- Learns ringdown pattern when commanded to start ranging
- Designed for protected indoor environments
- Sensor operates at 42KHz
- High output square wave sensor drive (double Vcc)

#### Benefits

- Very low cost sonar ranger
- Reliable and stable range data
- Sensor dead zone virtually gone
- Lowest power ranger
- Quality beam characteristics
- Mounting holes provided on the circuit board
- Very low power ranger, excellent for multiple sensor or battery based systems
- Can be triggered externally or internally
- Sensor reports the range reading directly, frees up user processor
- Fast measurement cycle
- User can choose any of the three sensor outputs

#### Beam Characteristics

People detection requires high sensitivity, yet a narrow beam angle requires low sensitivity. The LV-MaxSonar®-EZ1™ balances the detection of people with a narrow beam width. Sample results for measured beam patterns are shown below on a 12-inch grid. The detection pattern is shown for;

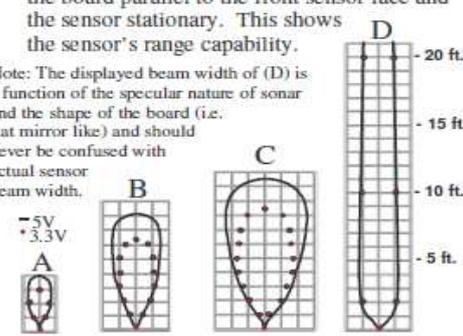
(A) 0.25-inch diameter dowel, note the narrow beam for close small objects,

(B) 1-inch diameter dowel, note the long narrow detection pattern,

(C) 3.25-inch diameter rod, note the long controlled detection pattern,

(D) 11-inch wide board moved left to right with the board parallel to the front sensor face and the sensor stationary. This shows the sensor's range capability.

Note: The displayed beam width of (D) is a function of the specular nature of sonar (i.e. flat mirror like) and should never be confused with actual sensor beam width.



beam characteristics are approximate

**MaxBotix® Inc.**  
 MaxBotix, MaxSonar & EZ1 are trademarks of MaxBotix Inc.  
 LV-EZ1™ - v3.0c - 07/2007 - Copyright 2005 - 2007

8757 East Chimney Spring Drive, Tucson AZ, 85747 USA  
 4613 County Road 8, Brainerd, MN, 56401 USA  
 Email: info@maxbotix.com Web: www.maxbotix.com

