

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO ESTADO DO PARÁ
ÁREA DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

ISRAEL MARIANO RABELO

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA MONITORAMENTO ATIVO DE
EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS EM ESTAÇÕES RÁDIO BASE**

Belém

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO ESTADO DO PARÁ
ÁREA DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

ISRAEL MARIANO RABELO

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA MONITORAMENTO ATIVO DE
EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS EM ESTAÇÕES RÁDIO BASE**

Trabalho de Curso na modalidade monografia, apresentado como requisito parcial para obtenção do grau em Bacharelado em Engenharia de Computação do Centro Universitário do Estado do Pará – CESUPA, sob orientação do Professor MSc. Johnny Marcus Gomes Rocha.

Belém

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
Biblioteca do Cesupa, Belém - PA

Rabelo, Israel Mariano.

Sistema de automação para monitoramento ativo de equipamentos eletrônicos em Estações Rádio Base / Israel Mariano Rabelo; orientação de Johnny Marcus Gomes Rocha, 2017.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia da Computação)
– Centro Universitário do Pará, Belém, 2017.

1. Sistemas embarcados (Computação). 2. Arduíno (Linguagem de programação de computadores). I. Rocha, Johnny Marcus Gomes (orient.). II. Título.

CDD. 23° ed. 621.3815

Israel Mariano Rabelo

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA MONITORAMENTO ATIVO DE
EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS EM ESTAÇÕES RÁDIO BASE**

Trabalho de Curso apresentado na modalidade Monografia, apresentado como requisito parcial para obtenção do grau em Bacharelado em Engenharia de Computação do Centro Universitário do Estado do Pará – CESUPA.

Data da Defesa: 14/06/2017

Banca Examinadora:

Prof. Orientador MSc. Johnny Marcus Gomes Rocha - CESUPA

Prof. Esp. Eudes Danilo da Silva Mendonça - CESUPA

Prof. MSc. Michelle Bitar Lelis dos Santos - CESUPA

Belém

2017

Ao Goku que deu sua vida e, assim salvou o mundo do Cell, ao Naruto que me ensinou a ter um estilo ninja e nunca abandonar os amigos, ao Homem de Ferro que me inspirou a sonhar e chegar em um nível maior de inteligência, ao Batman que demonstrou que a inteligência pode superar a força e a Deus, pois entre todos supracitados, é o mais Top.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por me dar forças para enfrentar as adversidades diárias e por me permitir compartilhar meus dias com pessoas incríveis.

Agradeço aos meus pais que diariamente enfrentam uma guerra para conseguir proporcionar a mim as melhores condições possíveis para o meu desenvolvimento, pelos infinitos gestos de amor e por cada ensinamento ao longo desses anos.

Agradeço a minha irmã que mesmo longe sempre me apoiou e motivou a alcançar o sucesso com dedicação e audácia.

Agradeço ao meu orientador, professor e chefe que acreditou no meu potencial desde o começo e deu-me oportunidades para crescimento e capacitação, além das horas de descanso abdicadas para auxiliar no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço alguns professores do Cesupa que de fato demonstraram a prática de uma linda profissão com dedicação e motivaram-me a buscar sempre mais conhecimento.

Agradeço aos meus amigos, em especial à Bianca Saraiva, que foram fundamentais neste semestre me dando força e sempre acreditando em mim. Agradeço também por cada conversa, cada riso e cada interação, pois estas pequenas coisas foram responsáveis por aliviar um pouco da tensão deste semestre.

Aos meus companheiros de trabalho, em especial ao Pedro Giroto, por se disporem a me ajudar em todos os momentos e por me fazerem rir mesmo nas situações mais adversas.

Ao meu amigo Gabriel Barros por compartilhar preocupações e angústias similares, pelas piadas ruins e, por fim, pelas horas em parceria nos jogos eletrônicos.

Agradeço ao meu avô por, mesmo estando em uma situação difícil, ter lutado até o fim e, assim, ter me ensinado uma lição fundamental de vida. Seja onde estiveres saiba: eu consegui.

Por fim, agradeço aos desenvolvedores da ferramenta Word que facilitaram, e muito, o desenvolvimento deste trabalho.

Nunca tantos deveram tanto a tão poucos.

Winston Churchill

RESUMO

Em virtude da crescente evolução do setor de telecomunicações, em especial no ramo dos provedores de Internet sem fio, emerge a necessidade de otimizar o desempenho das estruturas que dão suporte a estes, que são conhecidas como Estação Rádio Base (ERB). Possuindo equipamentos instalados em ambientes desfavoráveis a manutenção, surge a necessidade de monitoramento constante destes, com objetivo de minimizar seu tempo inoperante. Portanto, este trabalho propõe uma solução baseada nas plataformas Arduino e o Raspberry Pi, integrados a sensores e módulos de comunicação para gerar um sistema de monitoramento com um mecanismo de notificação por SMS em casos de anomalias, no intuito de estabelecer um cenário de manutenção preditiva, evitando possíveis falhas no equipamento.

Palavras-chaves: Arduino. Raspberry Pi. Sistemas Embarcados. Estação Rádio-Base, Provedores de Internet.

ABSTRACT

Due to the growing evolution of the telecommunications sector, especially in the wireless Internet providers area, emerges a need to optimize the performance of structures that support for these, which are known as NodeB. Possessing equipments are installed in ambients that are unfavorable to maintenance, there appears the need for constant monitoring of these, with the goal of minimizing their downtime. Therefore, this work proposes a solution based on the platforms Arduino and Raspberry Pi, integrated with sensors and communication modules to generate a monitoring system with a SMS notification mechanism in cases of anomalies, in order to establish a predictive maintenance scenario, avoiding possible equipment failures.

Keywords: Arduino. Raspberry Pi. Embedded Systems. NodeB. Internet Providers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução dos equipamentos	14
Figura 2 – Estações Rádio Base distribuídas no Estado do Pará	15
Figura 3 – Internet of Things	19
Figura 4 – Microcontrolador.....	20
Figura 5 – Arduino Mega	21
Figura 6 – Raspberry Pi 2 Modelo B	22
Figura 7 – Estação Rádio Base.....	24
Figura 8 – MRTG.....	26
Figura 9 – PRTG Network Monitor	27
Figura 10 – Raspberry Pi 2 modelo B	32
Figura 11 – Arduino Uno rev3	33
Figura 12 – Sensor de temperatura DS18B20.....	35
Figura 13 – Sensor de tensão	36
Figura 14 – Sensor de corrente Acs712.....	37
Figura 15 – Conversor MCP3008.....	38
Figura 16 – Módulo conversor RS485.....	39
Figura 17 – Módulo Relé	40
Figura 18 – Shield GSM GPRS SIM900.....	41
Figura 19 – Esquema eletrônico.....	42
Figura 20 – Fluxograma do sistema	44
Figura 21 – Interface com os valores dos sensores	46
Figura 22 – Arquitetura somente com Raspberry Pi.....	47
Figura 23 – Arquitetura somente com Arduino	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações do Raspberry Pi 2 B.....	32
Tabela 2 – Especificações do Arduino	33
Tabela 3 – Especificações do Sensor de Temperatura.....	34
Tabela 4 – Especificações do Sensor de tensão.....	35
Tabela 5 – Especificações do Sensor de Corrente	37
Tabela 6 – Especificações do Conversor MCP3008	38
Tabela 7 – Especificações do Módulo Conversor RS485	39
Tabela 8 – Especificações do Relé	40

LISTA DE SIGLAS

EEPROM	<i>Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
ERB	Estação Rádio Base
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IoT	Internet of things
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NR	Norma Regulamentadora
RB	<i>Routerboard</i>
SE	Sistema Embarcado
SMS	<i>Short Message Service</i>
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	14
1.2 OBJETIVO GERAL	16
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4 JUSTIFICATIVA	17
1.5 METODOLOGIA.....	17
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 IOT	19
2.2 SISTEMAS EMBARCADOS (SE).....	20
2.3 MICROCONTROLADOR.....	20
2.3.1 Sistema Embarcado Arduino	21
2.3.1.1 <i>Shield</i> GSM GPRS	22
2.3.2 Sistema Embarcado Raspberry Pi	22
2.4 SENSORES	23
2.5 TELECOMUNICAÇÕES.....	23
2.5.1 Comunicação Sem Fio	23
2.5.2 Estação Base ou Estação Rádio Base	24
2.6 SISTEMA SUPERVISÓRIO.....	25
2.6.1 MRTG	26
2.6.2 PRTG	26
2.7 MANUTENÇÃO	27
2.7.1 Manutenção Corretiva	28
2.7.2 Manutenção Preventiva	28
2.7.3 Manutenção Preditiva	29
2.7.4 Indicadores de Manutenção	29
3 PROJETO	31

3.1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	31
3.1.1 Raspberry Pi	31
3.1.2 Arduino	32
3.1.3 Sensores e Módulos	34
3.1.3.1 Sensor de Temperatura.....	34
3.1.3.2 Sensor de Tensão	35
3.1.3.3 Sensor de Corrente	36
3.1.4 Conversor Analógico-Digital	37
3.1.5 Módulo Conversor RS485	38
3.1.6 Relé	40
3.1.7 Shield GSM GPRS	41
3.2 IMPLEMENTAÇÃO	42
4 CONCLUSÃO	49
4.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	49
4.2 TRABALHOS FUTUROS	50
5 REFERÊNCIAS	51
APÊNDICE A – ARQUIVO .CFG DA INTERFACE GERADO PELO MRTG	55

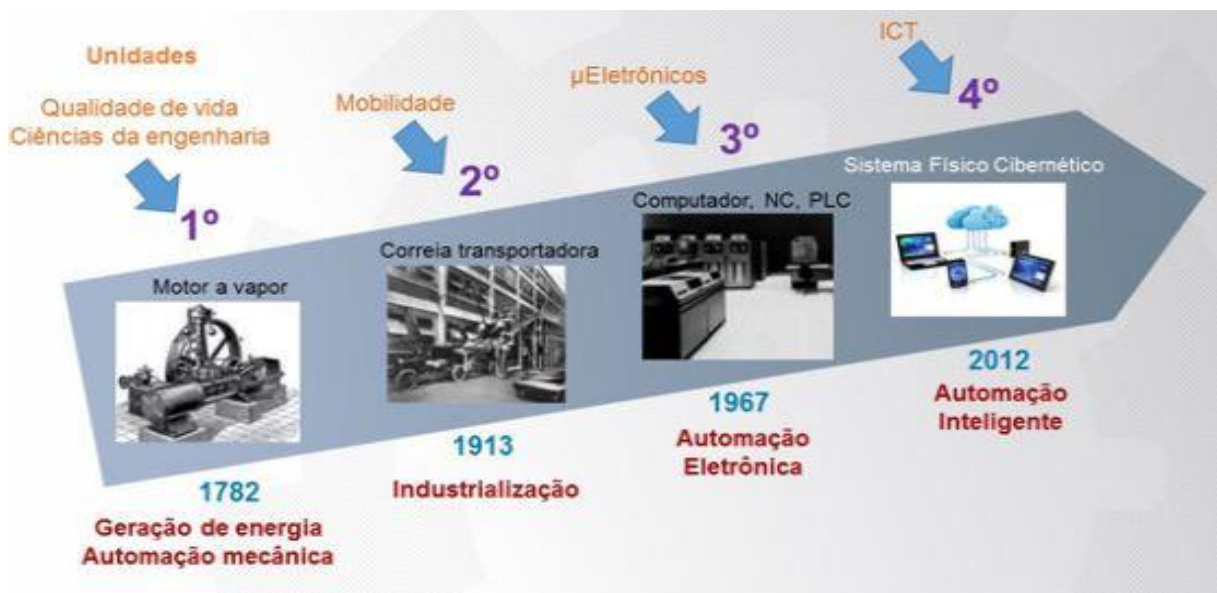
1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

De acordo com Fonseca Filho (2007, p.13), “a preocupação constante de minimizar o esforço repetitivo e tedioso produziu o desenvolvimento de máquinas que passaram a substituir os homens em determinadas tarefas”. Este desenvolvimento permitiu ao homem a industrialização e a valorização da ciência.

Após a primeira revolução industrial, o uso de equipamentos automatizados se tornou comum em todos os tipos de setores – de hospitais a indústria –, transformando o cotidiano da sociedade como ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Evolução dos equipamentos



Fonte: Maptechnology (2017, online)

Com a evolução tecnológica, a partir d//a segunda metade do século 20, um universo de possibilidades surgiu o que resultou na criação de aparelhos eletroeletrônicos com tarefas específicas, como sistemas robóticos industriais, sistemas de comunicação sem fio e computadores. Muitos destes aparelhos foram incorporados a diversos setores facilitando o cotidiano dos mesmos. Dentre estes aparelhos pode-se destacar os sistemas de comunicação que incluem a telefonia e os sistemas de transmissão de dados, cabeados e sem fio.

Neste cenário, o setor de telecomunicações começou a oferecer serviços essenciais à sociedade, destacando-se as comunicações sem fio. Essa indústria tornou-se um dos pilares do mundo moderno.

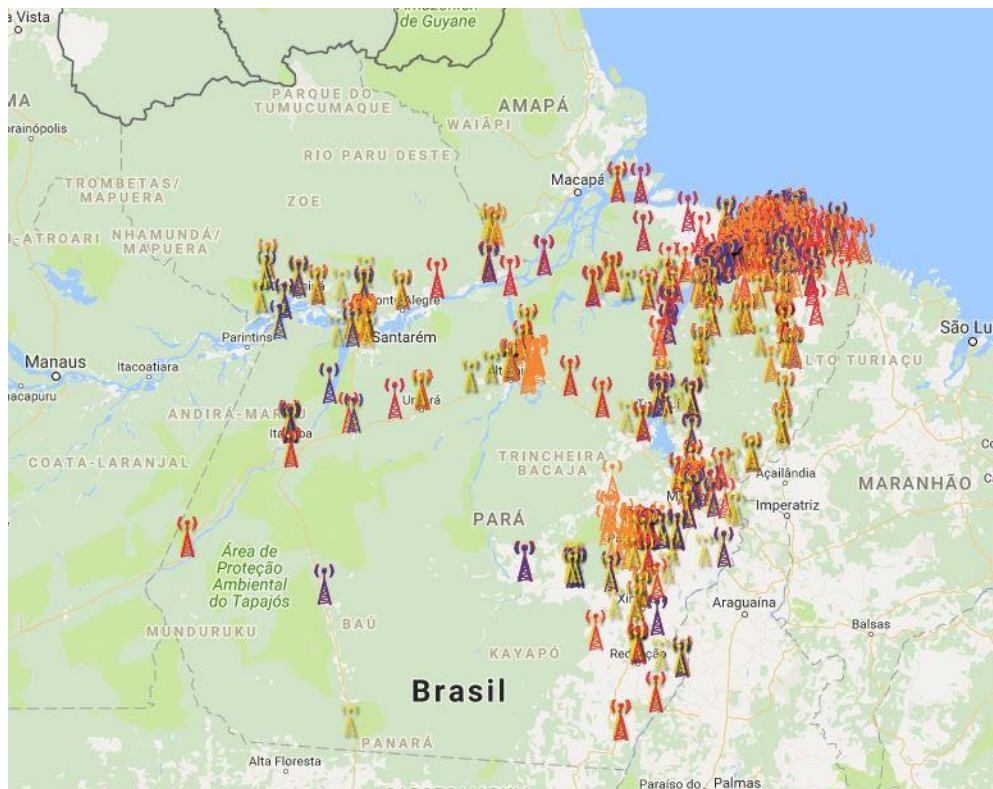
Um dos fatores determinantes ao crescimento do setor de telecomunicações foi a ampliação do uso de comunicação sem fio. Isto se deve à evolução dos circuitos digitais e da tecnologia de rádio frequência que permitiram a ampliação da capacidade dos equipamentos, como consequência surgiu a necessidade de manter condições ambientais e elétricas dentro dos limites operacionais dos mesmos. (RAPPAPORT, 2009).

Há de se destacar que a qualidade dos serviços ofertados pelas empresas desse setor está diretamente relacionada ao desempenho das suas ERBs (estações rádio base). Padueli (2005 apud Radiações Eletromagnéticas, 2001, p. 3) as conceitua como:

Constitui-se do conjunto de antenas fixas (transmissoras e receptoras) instaladas sobre torres, postes, fachadas ou topo de prédios. Tais ERBs emitem radiação eletromagnética. A radiação eletromagnética é a propagação de energia, produto da combinação de campos elétricos e magnéticos variáveis em tempo e espaço.

A Associação Brasileira de Telecomunicações, Telebrasil, disponibiliza dados sobre as ERBs do país e mapeia-as. A Figura 2 representa a localização das ERBs nos Estado do Pará.

Figura 2 – Estações Rádio Base distribuídas no Estado do Pará



Fonte: Telebrasil (2017, online)

Apenas o Estado do Pará possui 2.282 antenas mapeadas. Destas, 653 estão concentradas na capital, Belém. Cada ERB está posicionada de maneira específica, no intuito de criar uma cobertura de alcance de sinal que atenda todos os pontos geográficos da área. (TELEBRASIL, 2017)

Desse modo, é fundamental para o funcionamento desta rede, o desempenho máximo de cada estação rádio base, para isso, é necessário que cada equipamento que a compõe realize perfeitamente as funções que lhe cabe. Entretanto, na prática, diversos fatores podem afetar esses equipamentos, como: sobretensão, subtensão, superaquecimento e descargas elétricas.

O problema é que, em muitos casos, as ERBs e seus equipamentos situam-se em lugares de difícil acesso, precisando operar vinte e quatro horas por dia. Neste cenário surge a necessidade de manter sistemas de monitoramento, prevenção e correção de falhas operando em paralelo ao funcionamento da estação.

Normalmente, manutenções básicas resolveriam um grande número dos problemas situacionais, contudo, neste caso específico, boa parte dos equipamentos encontram-se no alto das torres, onde apenas técnicos com treinamento na NR 35, norma regulamentadora 35, referente a trabalho em altura, podem atuar. Em muitos casos, os técnicos responsáveis encontram-se em outras cidades e isso resulta em um maior tempo inoperante do equipamento.

Nesta conjuntura, as grandes operadoras de telefonia móvel já incorporam sistemas sofisticados de monitoramento, detecção e correção de falhas, contudo a maioria dos provedores de internet sem fio, não possuem estes sistemas por terem preços aquisitivos elevados.

1.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema para o monitoramento e manutenção remota dos equipamentos eletroeletrônicos em estações rádio base, como foco em provedores de internet sem fio.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar tecnologias e protocolos de transmissão para sistemas embarcados;
- Integrar o sistema com software de monitoramento disponíveis;
- Demonstrar a implementação de diversas arquiteturas visando modularidade para o projeto.

1.4 JUSTIFICATIVA

Com a dificuldade enfrentada para realizar manutenção nos equipamentos, localizados em ERBs, torna-se essencial a busca por uma solução que realize um monitoramento dos equipamentos, a fim de que se previna e corrija possíveis falhas. Desse modo, pode-se reduzir o tempo inoperante.

1.5 METODOLOGIA

Com o objetivo de encontrar uma solução para o problema apresentado, foi realizado uma análise de funcionalidades das principais tecnologias que pudessem auxiliar no desenvolvimento do projeto.

A partir desta análise buscou-se diversas referências – de artigos a projetos – que demonstrassem a viabilidade do uso de sistemas embarcados como possíveis componentes do sistema.

Por fim, dividiu-se o desenvolvimento do sistema em etapas a fim de obter a solução idealizada neste trabalho para a resolução da problemática.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além do capítulo introdutório previamente apresentado, o trabalho segue a seguinte organização:

No Capítulo 2 são apresentados os conceitos que servem de base para a produção deste projeto com ênfase em estações rádio base, sistemas embarcados e manutenção preditiva.

No Capítulo 3 são descritos os componentes de hardware utilizados, projeto do esquema eletrônico que representa o sistema e o funcionamento do mesmo.

No Capítulo 4 são analisados os resultados do projeto, relatando as principais dificuldades encontradas no desenvolvimento do mesmo e sugestões para trabalhos futuros.

No Capítulo 5 estão as principais referências utilizadas para o estudo técnico dos conceitos abordados neste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IOT

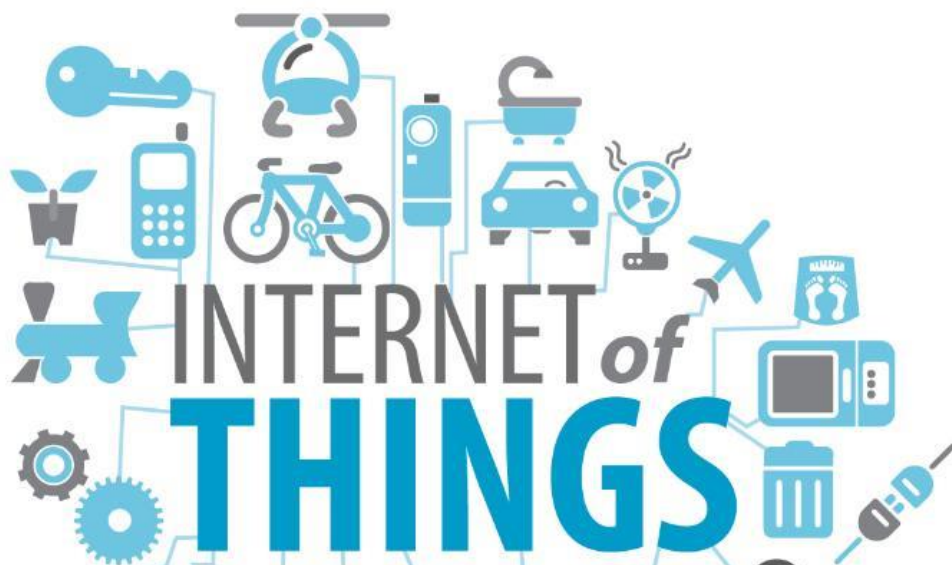
A internet das coisas (Internet of Things, IoT) está em ampla ascensão no setor tecnológico. Associado a revolução das tecnologias, esse conceito incorpora uma série de aplicações fundamentais ao desenvolvimento dos processos, sejam industriais ou sociais.

De acordo com Almeida (2015, p. 7),

A Internet das Coisas refere-se à integração de objetos físicos e virtuais em redes conectadas à Internet, permitindo que “coisas” colem, troquem e armazenem uma enorme quantidade de dados numa nuvem, em que uma vez processados e analisados esses dados, gerem informações e serviços em escala inimaginável.

Sendo assim, IoT pode ser definido como um modelo de infraestrutura de rede dinâmica e global. Ao fazer uso de protocolos de comunicação, consegue integrar equipamentos físicos, como ilustra a Figura 3, que são denominados de *Things* ou coisas, e conceitos virtuais na rede. A partir da consulta dos dados transmitidos pelas coisas, é possível realizar a autoconfiguração. Sendo assim, os integrantes da rede têm poder de participação ativa em processos. Desta forma, é natural que aja interação sobre ambiente, a partir da troca de dados na rede (DE SAINT-EXUPERY, 2009).

Figura 3 – Internet of Things



Fonte: Deal (2017, online)

Nesse cenário, a rede de maneira autônoma tem a liberdade de realizar interação, utilizando-se da automatização de processos, diretamente sobre o ambiente em que está inserida, fazendo uso de equipamento denominados sistemas embarcados.

2.2 SISTEMAS EMBARCADOS (SE)

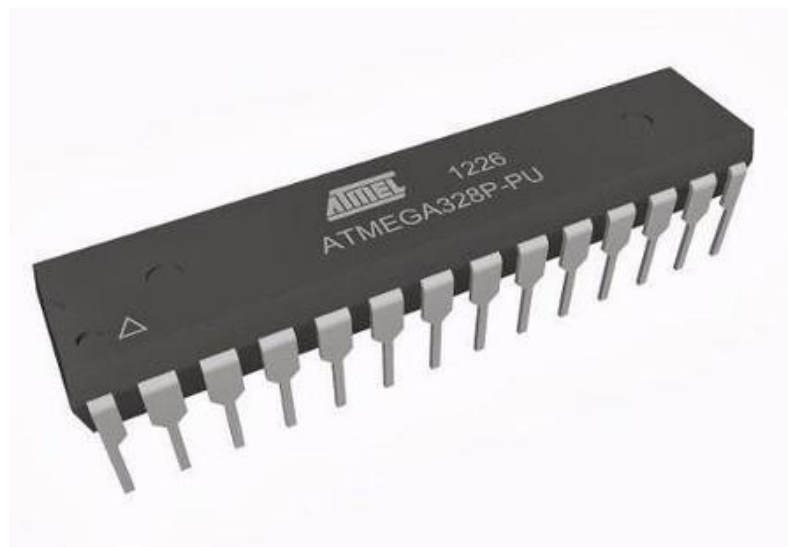
Segundo Oliveira e Andrade (2010, p. 25) sistemas embarcados “podem ser definidos como sistemas que possuem uma capacidade de processamento de informações vinda de um software que está sendo processado internamente nessa unidade”.

Alguns exemplos de SE que possuem alta participação no mercado são os microcontroladores e microprocessadores. Com a facilidade de acesso, estes equipamentos tornaram-se fundamentais para esta tecnologia.

2.3 MICROCONTROLADOR

Os microcontroladores são definidos como um circuito integrado capaz de realizar operações lógicas e aritméticas com os dados de entrada, possuindo uma unidade de memória, uma de entrada e uma de saída, para permitir a comunicação com o mundo externo e o recebimento de sinais. Na Figura 4 temos um exemplo de microcontrolador da Atmel (BOLTON, 2010).

Figura 4 – Microcontrolador



Fonte: Vitrônica (2017, online)

2.3.1 Sistema Embarcado Arduino

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto de fácil utilização, baseado em um microcontrolador Atmel (Atmega8, Atmega128, Atmega328 ou Atmega1280). Como características possui, conversor analógico-digital em sua estrutura, assim como portas de entrada/saída digitais e portas de entrada analógicas. Além de apresentar interface de baixa complexidade, e ser muito utilizado em projetos, principalmente os de cunho educacional (ARDUINO, 2017).

A compatibilidade do Arduino com diversos tipos de sensores – temperatura, vibração, umidade –, bem como a possibilidade de integrá-lo à rede, usando uma placa de expansão (*shield*) para redes ethernet ou mesmo wireless, ampliam o universo de possibilidades para aplicação dessa placa em diversos cenários (ARDUINO, 2017).

Por fim, a Figura 5, mostra o Arduino Mega uma das plataformas da família Arduino.

Figura 5 – Arduino Mega



Fonte: Arduino (2017, online)

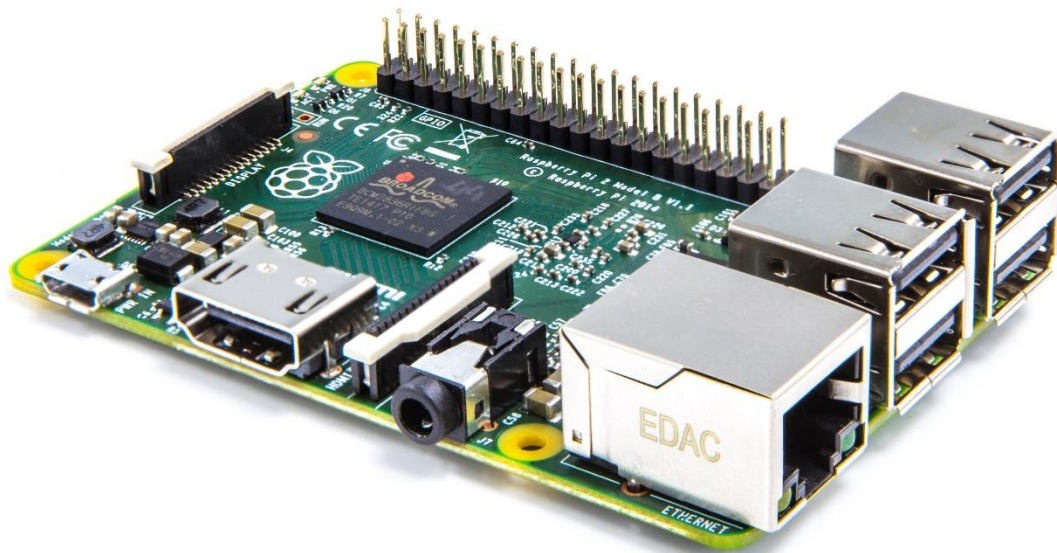
2.3.1.1 *Shield* GSM GPRS

Esta placa de expansão utiliza-se da tecnologia GSM, *Global System for Mobile Communications*, que permite o uso da função SMS, *Short Message Service*, para enviar textos de até 160 bits de comprimento, que, com ajuda do serviço GPRS, *General Packet Radio Service*, transmite as mensagens em altas velocidades, aparentando a troca de dados em tempo real (JANNANI, 2002).

2.3.2 Sistema Embarcado Raspberry Pi

Com base no conceito de Oliveira e Andrade (2010), o Raspberry Pi identifica-se como outro exemplo de SE, baseado em microprocessador ARM. Ilustrada na Figura 6, consiste numa poderosa placa com capacidade de execução de tarefas – inclusive podendo ser usada como Desktop –, permitindo aos seus usuários a manipulação de planilhas, acesso à internet, além de disponibilizar pinos de entrada/saída digitais, possibilitando o acoplamento de periféricos, como sensores e atuadores. Permite também a comunicação com outros SE, utilizando-se de um protocolo de comunicação serial ou interfaces de rede.

Figura 6 – Raspberry Pi 2 Modelo B



Fonte: Raspberry (2017, online)

Entre suas vantagens está a compatibilidade com um grande número de sensores disponíveis para o Arduino, além da facilidade de integração direta com o mesmo.

2.4 SENSORES

Em um cenário de aplicação direta de internet das coisas, em que o SE é um microcomputador ou um microcontrolador, que realiza o tratamento de dados e todas as operações lógicas, é preciso captar os dados, fazendo uso dos sensores.

Segundo Carrara ([2010], p. 28), “sensores são dispositivos cuja finalidade é obter informações sobre o ambiente em que se encontram”. De forma complementar Rosário (2009, p 55) os define como “[...] um transdutor que altera sua característica física interna devido a um fenômeno físico externo”.

Com base nesses conceitos, pode-se dizer que os sensores são responsáveis pela interação do ambiente sobre o sistema. Com a análise constante dos atributos de entrada, o SE, a partir de uma variação da grandeza física do ambiente, pode ativar um periférico para interagir com o meio externo.

2.5 TELECOMUNICAÇÕES

Em 1875, Alexander Graham Bell conseguiu realizar, pela primeira vez, uma transmissão de voz inteligível entre dois terminais ligados entre si por um fio condutor. Esse feito foi fundamental para o desencadeamento de pesquisas na área (MEDEIROS, 2007).

De acordo com Medeiros (2007) as telecomunicações podem ser definidas como uma área da elétrica que tem como objetivo suprir a necessidade do ser humano de trocar informações a distância.

2.5.1 Comunicação Sem Fio

Ainda citando Medeiros (2007), o desenvolvimento dos meios de transmissão *wireless* (sem fio) decorrem da aplicação de equipamentos transceptores, que tem a

função de fechar o enlace, utilizando-se da propagação de ondas eletromagnéticas, principalmente ondas de rádio.

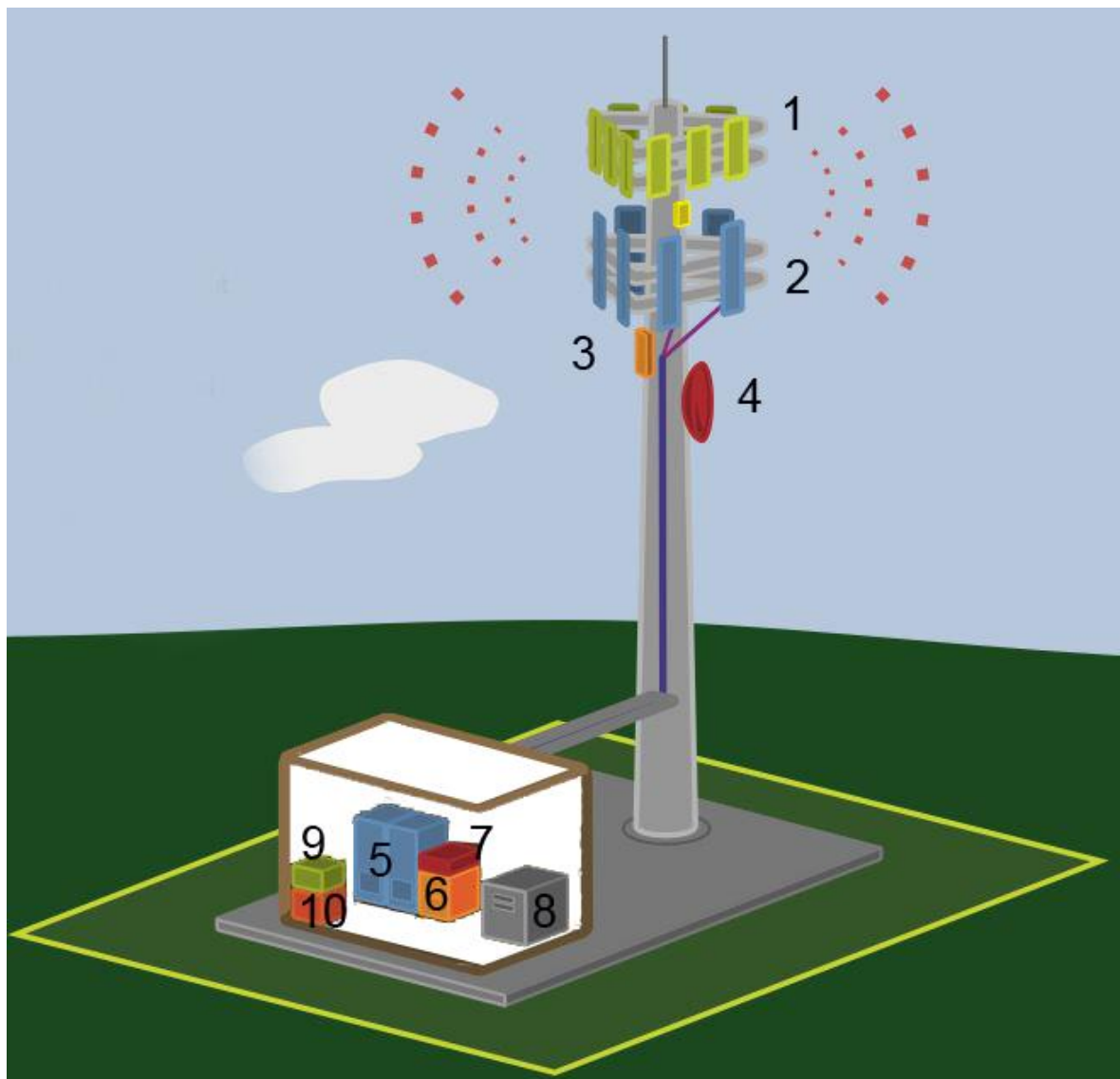
2.5.2 Estação Base ou Estação Rádio Base

De acordo com Rappaport (2009, p.7), um ERB pode ser definida como:

Uma estação fixa em um sistema de rádio móvel usada para a comunicação por rádio com estações móveis. As estações base estão localizadas no centro ou na borda de uma região de cobertura e consistem em canais de rádio e antenas transmissoras e receptoras montadas em uma torre.

Consoante ao conceito supracitado, a ERB, Figura 7, apresenta-se como um terminal transceptor no enlace.

Figura 7 – Estação Rádio Base



Fonte: Adaptado de Withoutthecat (2017, Online)

¹A partir da análise da imagem, pode-se identificar equipamentos que compõem a estação rádio base, sendo eles:

1. Antenas para frequências 3G;
2. Antenas para frequências 4G;
3. Amplificador de sinais;
4. Antena de Microondas;
5. *BTS (Base station transceiver system)*;
6. Routerboard (RB);
7. *Baseband Microwave Processing*;
8. *Nobreaks*;
9. Equipamentos LTE;
10. Módulo de monitoramento.

Segundo Cruz (2005), as torres podem ser divididas em duas categorias: *Greenfield* e *Rooftop*. A diferenciação entre elas dá-se com base no ambiente de aplicação da estação. No tipo *Greenfield*, a instalação dá-se em terrenos, ou seja, em solo. Distintamente, na categoria *Rooftop*, há a instalação das antenas em pavimentos de cobertura de prédios.

Apesar da distinção, ambas as categorias de estações possuem as principais funções definidas, como: monitorar e indicar as estações móveis em sua área de cobertura, dispor uma interface de rádio entre o sistema e as estações móveis e notificar a entrada e saída de novos usuários em seu controle.

2.6 SISTEMA SUPERVISÓRIO

De acordo com Coelho (2010), sistemas supervisórios são softwares responsáveis pelo monitoramento e pelo rastreamento de dados de um determinado processo produtivo. Os dados são coletados por sensores (sondas) que, em seguida, são manipulados e analisados para serem, enfim, apresentados aos usuários.

Após serem exibidos ao usuário, as informações obtidas podem ser gravadas no intuito de, posteriormente, com um acúmulo de dados, gerarem-se relatórios que permitam o estudo aprofundado do sistema produtivo.

¹ *RouterBoard*: Roteadores compactos com sistemas operacionais próprios com função de prover a comunicação desde em um ponto de acesso comum até em um datacenter.

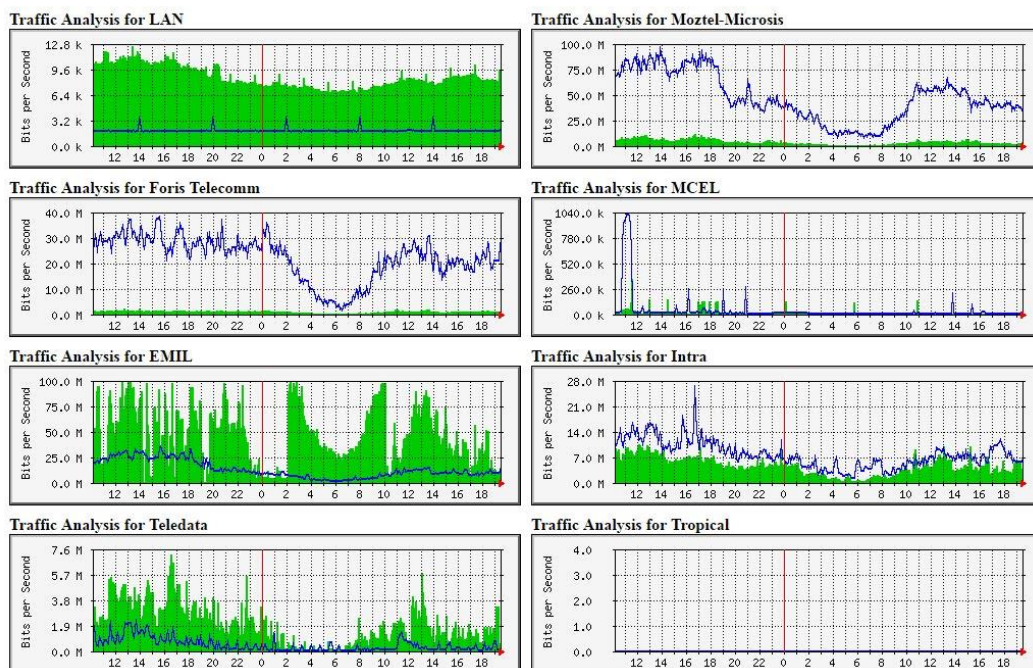
Para maior segurança, é possível estabelecer um controle de acesso às informações geradas. Em consequente a criação de perfis de usuário, há o gerenciamento de permissões para assegurar que apenas utilizadores específicos tenham a liberdade de interagir diretamente com o sistema. (COELHO, 2010)

2.6.1 MRTG

O Multi Router Traffic Grapher (MRTG) consiste em um sistema supervisorio de licença livre capaz de gerar uma interface html, Figura 8, com gráficos a partir de dados de entrada via requisições SNMP (Simple Network Management Protocol) ou de scripts que retornem valores de leitura de equipamentos ligados à rede (OETIKER, 2011).

Figura 8 – MRTG

MRTG Index Page



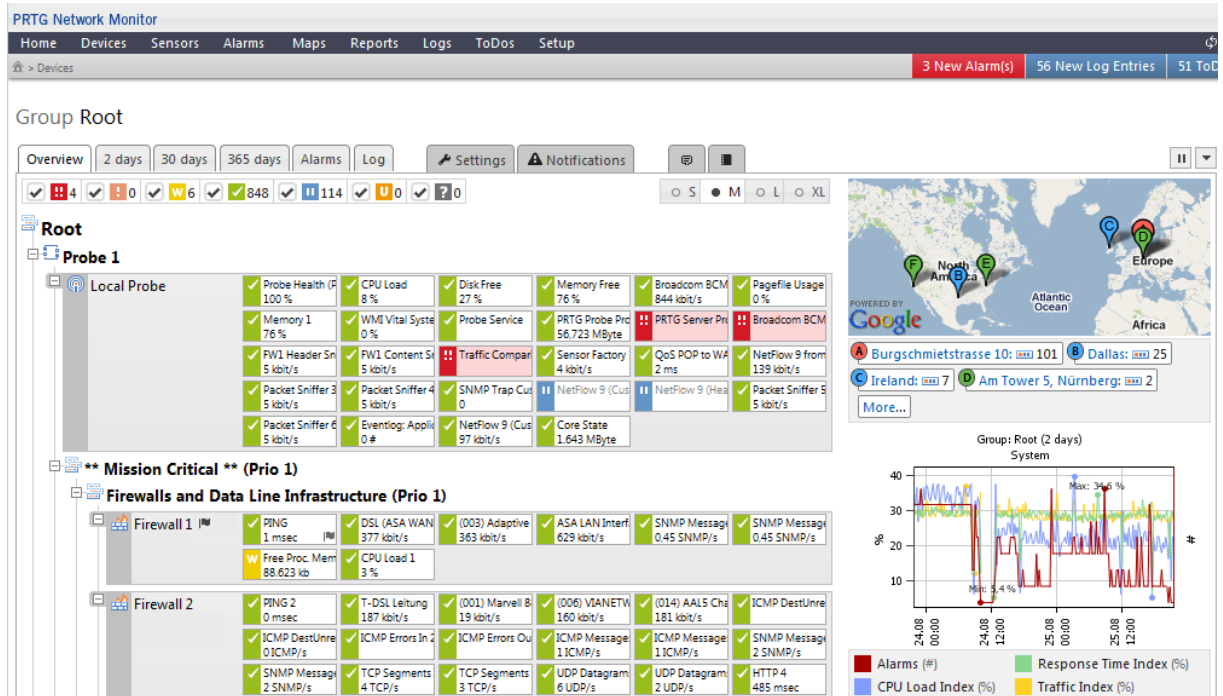
Fonte: Ytimg (2017, online)

2.6.2 PRTG

Este sistema supervisorio se destaca pela larga utilização em ambientes empresariais com cerca de 150000 usuários. O PRTG, Figura 9, tem como foco o gerenciamento remoto e por isso disponibiliza acesso por meio de qualquer navegador

web ou smartphone, permitindo ainda o monitoramento de localidades múltiplas. (PAESSLER, 2017)

Figura 9 – PRTG Network Monitor



Fonte: Adaptado de Packetlife (2017, online)

2.7 MANUTENÇÃO

A implementação de equipamentos de ponta está diretamente ligada a conceitos de confiabilidade e manutenção. É necessário que haja retorno do investimento feito, sendo assim, é fundamental a ampliação da vida útil do aparelho, para que ele consiga realizar suas funções específicas pelo maior tempo possível.

Naturalmente, com o tempo, falhas aparecerão no seu funcionamento. Contudo, utilizando-se de ações intervencionista, pretende-se corrigir ou mesmo evitá-las, mantendo sempre o equipamento no seu estado natural de execução (BRANCO FILHO, 2008).

De forma concordante, de acordo com a NBR 5462 (1994, p. 6), manutenção pode ser definida como uma “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.”

A realização dessas ações dá-se em diversos cenários de aplicação e em diferentes contextos. Essas diferenças são fundamentais à categorização das manutenções, sendo exemplos de categorias, a manutenção corretiva, manutenção preventiva e a manutenção preditiva.

2.7.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é a mais frequente no dia a dia. Tem como principal cenário de aplicação momentos em que determinado equipamento se encontra em falha.

De acordo com Branco Filho (2008), o conceito de manutenção corretiva é evidenciado como todo tipo de trabalho ou ação de manutenção nos aparelhos que não estejam funcionando.

Complementarmente, “Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida” (NBR 5462, 1994, p. 7)

Um exemplo contextualizado seria um carro não ligar por algum motivo determinado. Nessa situação, é necessário a intervenção de um mecânico para corrigir o problema do veículo, colocando-o de volta ao funcionamento.

É importante citar que esse tipo de manutenção, em ambientes industriais, é principalmente utilizado em situações em que reparar o equipamento após a falha é mais barato do que o inspecionar periodicamente ou monitorá-lo (BRANCO FILHO, 2008).

2.7.2 Manutenção Preventiva

Neste tipo de manutenção, conforme Branco Filho (2008) o aparelho encontra-se em funcionamento, mesmo que aja algum tipo de defeito, ele mantém-se em condições operacionais e seu objetivo é justamente evitar uma possível falha ou uma degradação do serviço por ele prestado.

Adicionalmente, ainda de acordo com a NBR 5462 (1994, p.7) conceitua-a como “a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento do item”.

Como exemplo, ainda no setor automotivo, pode-se dizer que a revisão anual, que deve ser feita no automóvel, é um tipo de manutenção.

2.7.3 Manutenção Preditiva

Por fim, ainda citando Branco Filho (2008), a manutenção preditiva tem como principal objetivo a previsão de falhas ou uma possível degradação do equipamento a partir da análise dos parâmetros atuais, comparando-os com o que deveria ser o comportamento normal.

Na NBR 5462 (1994, p. 7) a manutenção preditiva está conceituada como “Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. ”.

No setor automotivo, essa categoria explicita-se especialmente em carros que possuem sensores informativos de grandezas físicas importantes para o seu funcionamento, como, por exemplo, a temperatura do motor. A variação desse parâmetro, apesar do funcionamento aparentemente normal do veículo, pode causar danos as peças interrompendo o serviço oferecido.

Seu cenário de aplicação dá-se mais sobre equipamentos de alto valor, em que o custo da falha é grande. Diversos equipamentos fabris de grande porte possuem uma vasta rede telemétrica, que analisa seus dados em tempo real, a fim de mapear qualquer mínima alteração que ocorra no equipamento para já intervir, prevenindo quaisquer prejuízos (BRANCO FILHO, 2008).

2.7.4 Indicadores de Manutenção

Os indicadores de manutenção são conceituados como medidas ou dados numéricos que permitem o gerenciamento da manutenção de forma otimizada, com objetivo de garantir que a conformidade com os requisitos da linha de produção. (SOUZA et al., 2012)

Um dos indicadores é apresentado na forma no MTBF (*Mean Time Between Failures* - tempo médio entre falhas). Este parâmetro representa o tempo de operação do equipamento até a ocorrência de uma falha. O valor correspondente a este indicador pode ser encontrado pela razão do tempo total pelo número de paradas ocorridas (BASTOS, 2015).

Outro indicador importante é o MTTR (*Mean Time To Repair* - tempo médio para reparo). Este parâmetro reflete o tempo necessário para contornar uma falha e retornar aos serviços normais. O valor numérico deste parâmetro é encontrado pela razão entre o tempo de parada de sistema pelo número de falhas ocorridas (PERES; LIMA, 2008).

No próximo capítulo abordaremos os principais aspectos relacionados ao desenvolvimento e implementação do sistema de monitoramento para ERB.

3 PROJETO

O trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de sistema de monitoramento de equipamentos para ERB de provedores de internet.

O projeto utiliza SEs, baseados no Raspberry Pi 2 B e Arduino Uno R3. Foram usados também um *shield* GSM, um sensor de temperatura, um sensor de corrente e tensão, dois módulos RS485, um relé e um conversor analógico-digital para desenvolver uma solução que monitore e corrija falhas nos equipamentos da ERB.

Estas tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do trabalho foram definidas, colocando como prioridade o desempenho, e o custo das mesmas dentro da solução proposta.

Este sistema irá monitorar os principais parâmetros da ERB: temperatura ambiente do módulo da RB, tensão e corrente de entrada da alimentação de energia do *Nobreak* com o objetivo de prevenir danos aos equipamentos.

Em casos em que há a detecção de falta de conectividade na rede local é realizada uma ação corretiva a partir da reinicialização da RB, com objetivo de restituir a rede para as suas condições normais.

3.1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

3.1.1 Raspberry Pi

É o elemento principal do projeto que utiliza o sistema operacional Raspbian Jessie e tem como função receber os dados do SE Arduino e dos sensores de temperatura e tensão, disponibilizá-los para interface do supervisor, processá-los e, caso necessário, enviar um SMS ao operador sobre as anomalias ou reiniciar a RB. Para o nosso cenário de testes o sistema supervisor (MRTG) foi instalado neste equipamento. Sendo ele responsável pela criação da interface de monitoramento dos parâmetros (temperatura, corrente e tensão) da ERB, além da criação de um arquivo *log* que possuirá os registros dos dados recebidos pelo software.

Para tal, o modelo escolhido foi o Raspberry 2 B, Figura 10, por possuir especificações técnicas (Raspberry Pi, 2017), ilustradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Especificações do Raspberry Pi 2 B

Processador	ARM Cortex-A7 Quad-Core 900MHz
Memória RAM	1 GB
Pinos de propósito geral (GPIO)	40
Portas USB	4
Conexão à Rede	Ethernet
Saída de Vídeo	HDMI

Fonte: Adaptado de Raspberry Pi (2017, online)

Figura 10 – Raspberry Pi 2 modelo B



Fonte: Raspberry Pi (2017, online)

3.1.2 Arduino

A escolha desta plataforma se deve a grande variedade de literatura que aborda a mesma de forma integrada ao Raspberry Pi em projetos. Como existem vários modelos, a versão adotada foi o Arduino Uno R3, Figura 11, devido ao custo e a disponibilidade no mercado.

Esta plataforma tem como funções: fazer a interface de comunicação do sensor analógico, neste caso o de corrente, com o Raspberry Pi, e realizar a comunicação através do *shield* GSM GPRS com operador, via SMS.

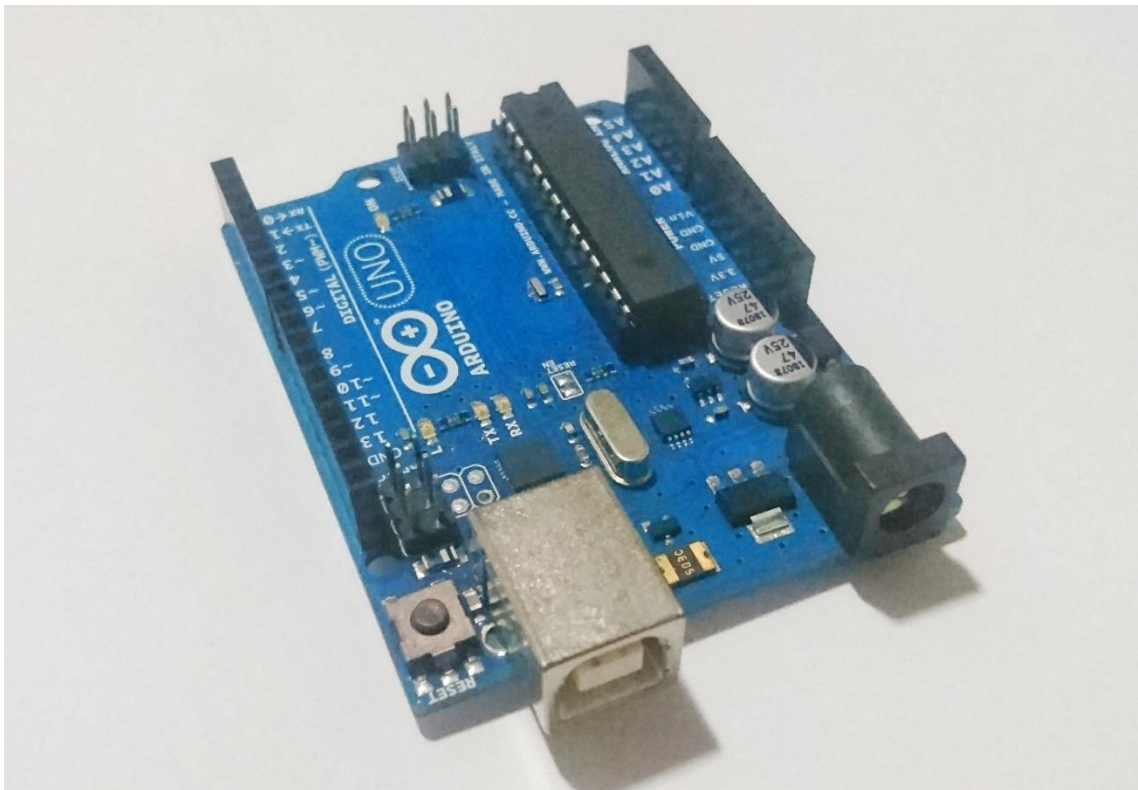
Para este modelo, o fabricante Arduino (2017) disponibiliza as especificações técnicas ilustradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Especificações do Arduino

Microcontrolador	Atmega328p
Tensão De Operação	5V
Tensão Recomendada De Entrada	7-12V
Pinos Digitais De Entrada E Saída	14
Pinos Analógicos De Entrada	6
Corrente DC Para Pinos de Entrada e Saída	20 mA
Memória Flash	32kb (Atmega328p)
Memória SRAM	2KB (Atmega328p)
Memória EEPROM	1KB (Atmega328p)

Fonte: Adaptado de Arduino (2017, online)

Figura 11 – Arduino Uno rev3



Fonte: Autor (2017, online)

3.1.3 Sensores e Módulos

Baseado nas grandezas físicas a serem monitoradas: tensão, corrente e temperatura, foram definidos 03 tipos de sensores. Além dos sensores, módulos adicionais como: RS485 (conversor serial), Relé (Chaveamento), *shield* GSM e um conversor analógico-digital serão necessários para a execução do projeto e os descreveremos a seguir.

3.1.3.1 Sensor de Temperatura

O sistema utiliza o sensor digital DS18B20, Figura 12, para efetuar a captação do dado de temperatura do aparelho, possuindo uma ponta de aço inoxidável. Este instrumento de medição destaca-se por sua resolução padrão de 12 bits, realizando incrementos de $\pm 0,0625^{\circ}\text{C}$ e por possibilitar a implementação, em ambientes expostos, a grandes níveis de umidade.

O sensor comporta-se de maneira que a tensão de saída varia de acordo com a temperatura. A resposta digital retornada é possibilitada pelo conversor analógico-digital integrado e uma memória que armazena os dados convertidos. A implementação deste modelo baseia-se nas especificações, Tabela 3, fornecidas pela *Maxim Integrated* (2015).

Tabela 3 – Especificações do Sensor de Temperatura

Parâmetro	Valores
Tensão de Entrada	+3,0V a +5,5V
Faixa de Medição	-55°C a +125°C
Precisão	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ de -10°C a 85°C $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$ de -55°C a 125°C

Fonte: Adaptado do *datasheet* do DS18B20 (2015, p. 2)

Figura 12 – Sensor de temperatura DS18B20



Fonte: Autor (2017)

3.1.3.2 Sensor de Tensão

O sensor de tensão, Figura 13, consiste em um módulo eletrônico projetado para detectar tensões de até 25 volts informando aos sistemas microcontroladores em que estiver conectado. O nível de tensão é analisado através da porta analógica.

Os sensores diferem-se entre sensores de corrente contínua (DC) e de corrente alternada (AC). Para este trabalho foi utilizado um sensor DC utiliza-se de um divisor de tensão simples com resistores de 30 e 7,5 K Ω (Quiloohm) para nivelar a tensão de entrada aos níveis de leitura analógica do microcontrolador Arduino. Este modelo possui entradas polarizadas e devem ser ligadas em paralelo ao ponto de tensão a ser medido.

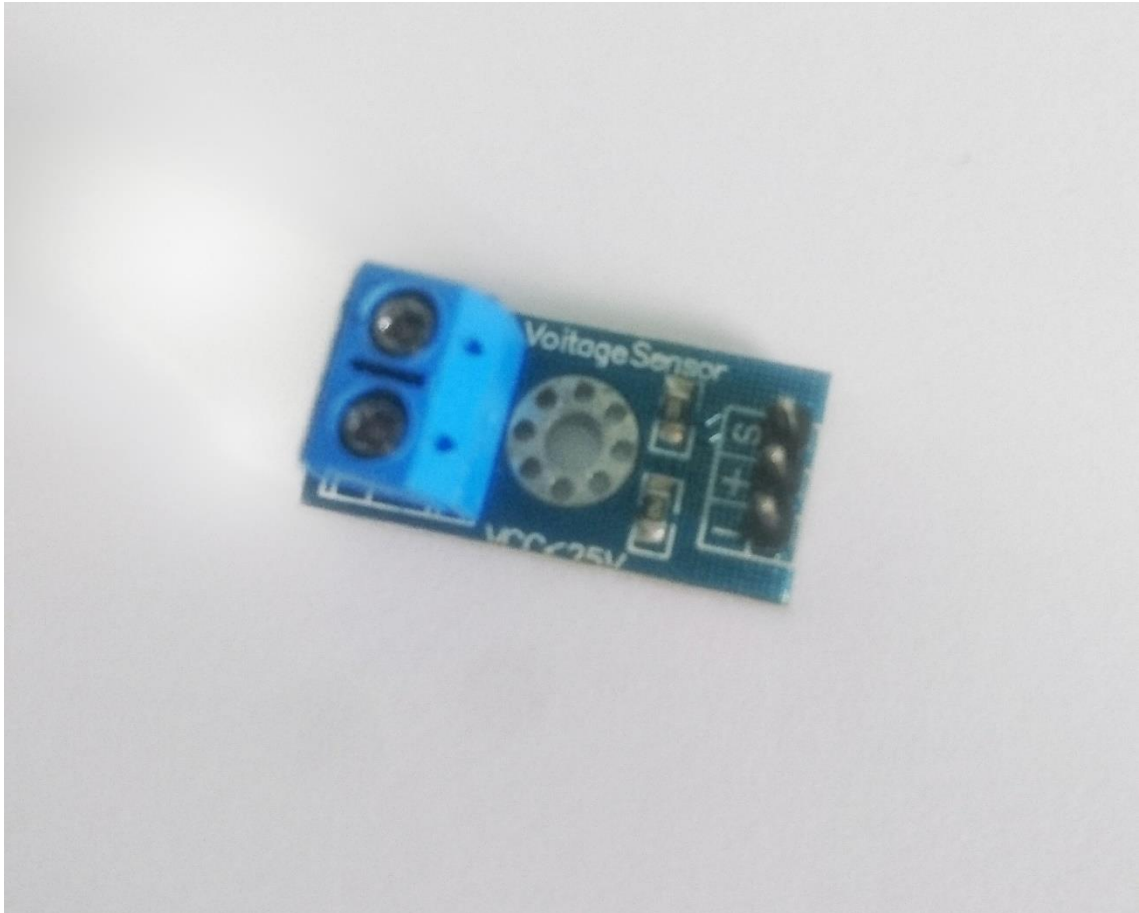
A partir de cálculos simples, considerando os possíveis valores analógicos de entrada do microcontrolador, obtém-se os dados expostos na Tabela 4.

Tabela 4 – Especificações do Sensor de tensão

Parâmetro	Valores
Faixa de Operação	0,0245V a 25V
Tensão de Entrada	5,0V
Resolução Analógica para 5V	0,00489V

Fonte: Autor (2017)

Figura 13 – Sensor de tensão



Fonte: Autor (2017)

3.1.3.3 Sensor de Corrente

O sensor de ACS712-30A, Figura 14, faz uso do efeito hall, ou seja, sua leitura dá-se baseado no campo eletromagnético. A corrente de entrada passa pelo condutor interno que gera um campo magnético correspondente, que é convertido para uma tensão proporcional de saída. Este sensor deve ser ligado ao equipamento em série com a entrada ou a saída do mesmo a fim de obter o parâmetro desejado.

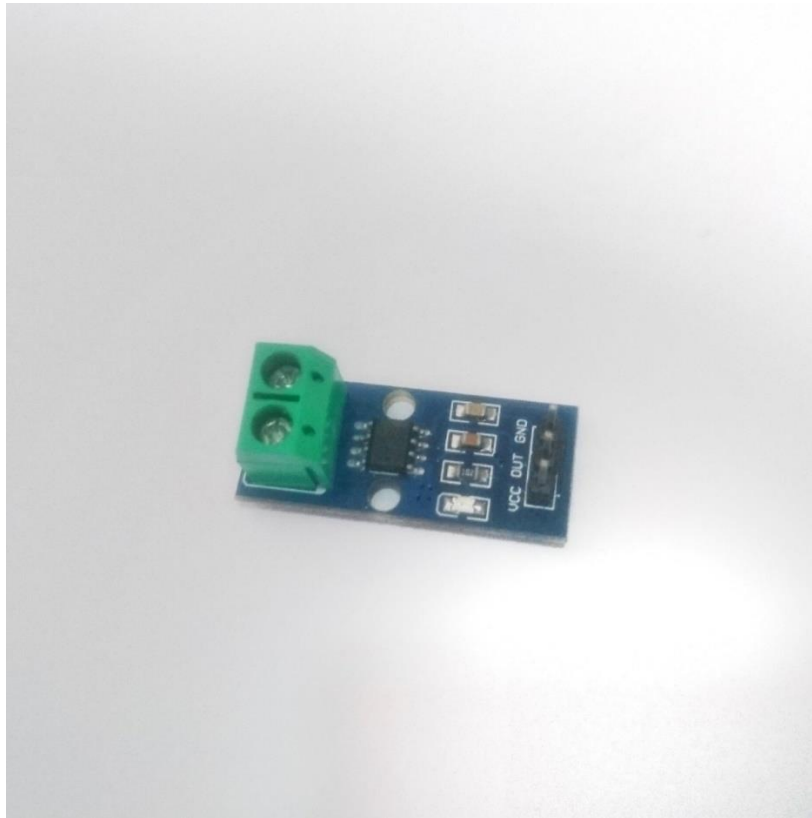
As especificações do modelo, estão na Tabela 5 e são disponibilizadas pelo fabricante Allegro (2013).

Tabela 5 – Especificações do Sensor de Corrente

Parâmetro	Valores
Faixa de Operação	$\pm 30A$
Sensibilidade	66mV/A
Temperatura de Operação	-40°C a 85°C
Tensão de Entrada	4,5V a 5,5V

Fonte: Adaptado do *datasheet* do Acs712 (2013, p. 2,4)

Figura 14 – Sensor de corrente Acs712



Fonte: Autor (2017)

3.1.4 Conversor Analógico-Digital

Com intuito de contornar ausência de um conversor integrado ao Raspberry Pi, foi utilizado o modelo MCP3008, Figura 15, que ao receber uma amostra analógica, a armazena em um capacitor por 1,5 ciclos de operação, por fim a partir da carga coletada no capacitor é gerada uma saída serial de 10 bits.

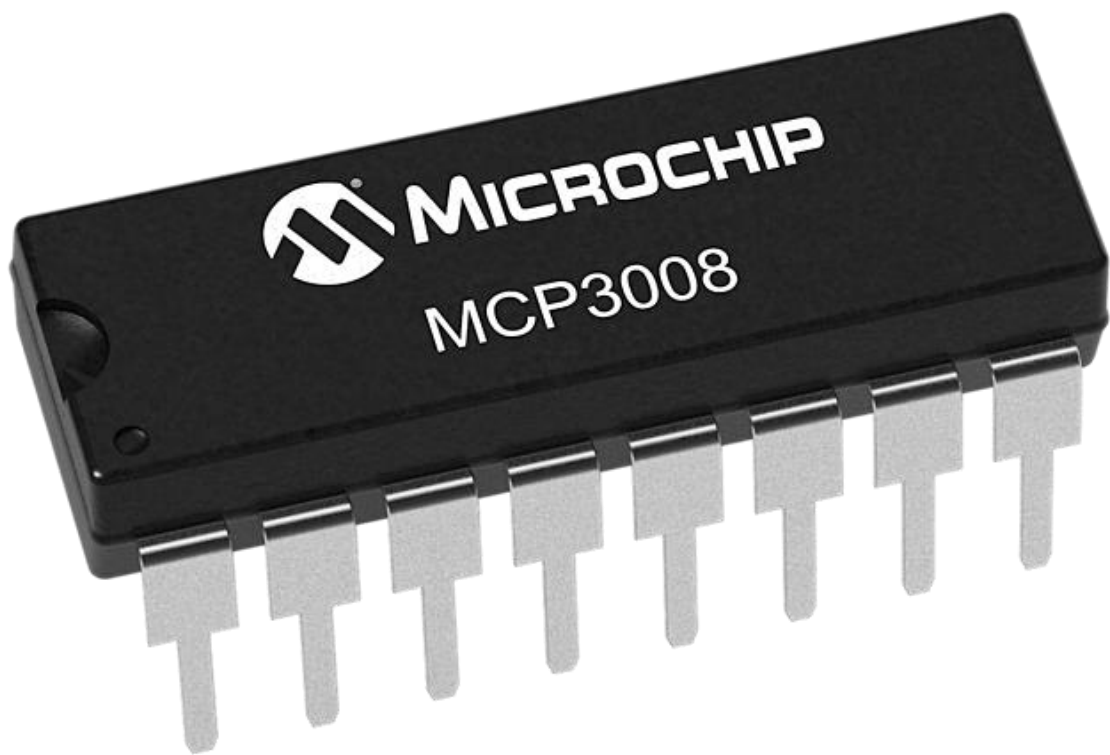
No intuito de facilitar sua utilização o fabricante Microchip (2008) disponibiliza o *datasheet* na Tabela 6 estão as principais especificações necessárias para o uso.

Tabela 6 – Especificações do Conversor MCP3008

Parâmetro	Valor
Canais	8
Tensão de operação	2,7V-5,5V
Protocolo de comunicação	SPI

Fonte: Adaptado do *datasheet* do Mcp3008 (2008, p. 1, 3)

Figura 15 – Conversor MCP3008



Fonte: Microchip (2017, online)

3.1.5 Módulo Conversor RS485

O padrão RS485 faz uso de um ou dois pares de ligações físicas para realizar o envio e o recebimento dos dados. Possui isolamento óptico, trabalha em taxas de transmissão de 10Mbps/s, alcançando cerca de 1.200 metros de distância. Possibilita a conexão multiponto, com suporte a até 32 equipamentos conectados, sendo um mestre e 31 escravos (CUNHA, 2000).

Para este projeto, são necessários dois módulos RS485 para a comunicação entre o Arduino e o Raspberry Pi, um configurado como mestre (Raspberry Pi) e outro como escravo (Arduino). O conversor apresentado na Figura 16 estabelece a comunicação a partir do funcionamento do chip max485.

A partir do *datasheet* disponibilizado pela fabricante Maxim integrated (2014), abstrai-se as principais especificações técnicas, descritas na Tabela 7.

Tabela 7 – Especificações do Módulo Conversor RS485

Parâmetro	Valor
Comunicação	Half-duplex
Taxa de Transmissão	2,5Mbps
Amperagem de operação	300mA

Fonte: Adaptado do *datasheet* do Chip MAX485 (2014, p. 1)

Figura 16 – Módulo conversor RS485



Fonte: Autor (2017)

3.1.6 Relé

O relé, ilustrado na Figura 17, caracteriza-se como uma chave eletrônica com capacidade de possibilitar o acionamento digital de equipamentos eletrônicos a partir de um estímulo elétrico no seu terminal de entrada, que gerará um campo magnético, atraindo contatos externos, resultando na abertura ou no fechamento do relé. (SANTOS, 2017).

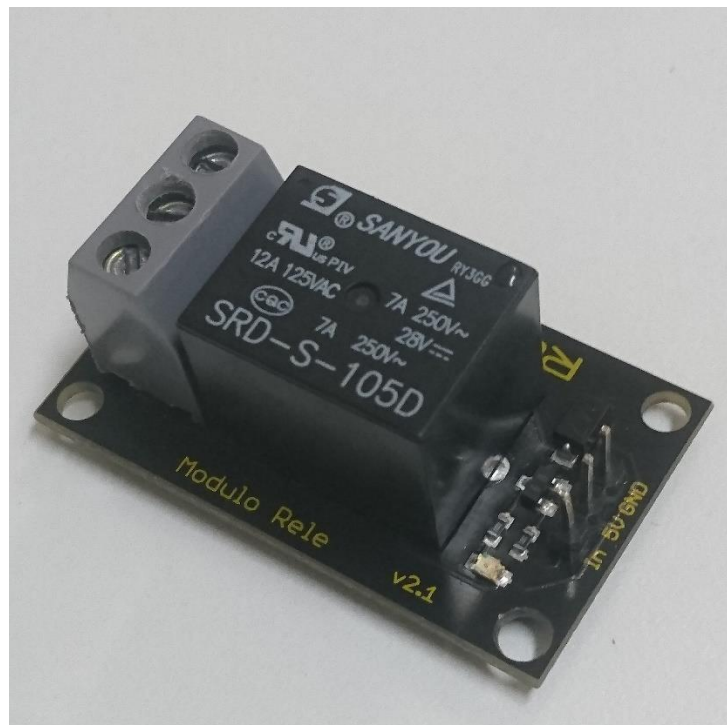
No intuito de facilitar a utilização do relé junto ao controlador, as especificações técnicas disponibilizadas pelo fabricante, neste caso a Robocore (2017) fornecedora do modelo V2.1, são descritas na Tabela 8.

Tabela 8 – Especificações do Relé

Parâmetro	Valor
Acionamento da Bobina	5V, 75 mA
Carga Nominal	125V – 12A, 250V – 7A
Tempo de Acionamento de Contato	10ms

Fonte: Adaptado de Robocore (2017, online)

Figura 17 – Módulo Relé



Fonte: Autor (2017)

3.1.7 Shield GSM GPRS

Neste projeto foi utilizado o *shield* SIM900 da TinySine, Figura 18, por apresentar compatibilidade física com a plataforma Arduino Uno R3, além de possuir todas as especificações (TinySine, 2014) necessárias para a execução das funções requeridas.

Figura 18 – Shield GSM GPRS SIM900



Fonte: Autor (2017)

- Quad-Band com faixa de operação em 850, 900, 1800 e 1900 MHz;
- Entrada e saída de áudio para ligações.
- Controle por comandos AT;
- Função ligar, desligar e reiniciar controladas logicamente pelo Arduino.

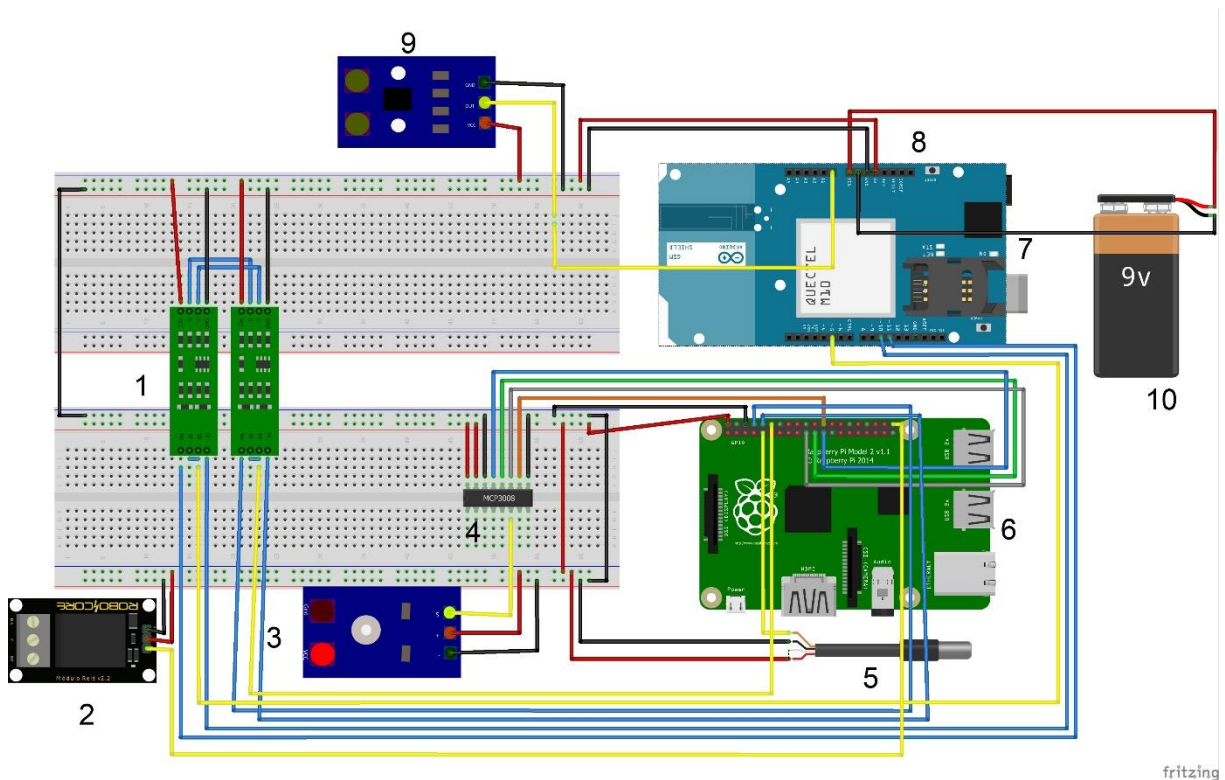
3.2 IMPLEMENTAÇÃO

Para a realização deste projeto, foram utilizados:

- 01 Raspberry PI B;
- 01 Arduino Uno R3;
- 02 Conversores RS485;
- 01 Conversor MCP3008;
- 01 *Shield* GSM GPRS;
- 01 Sensor DS18B20;
- 01 Sensor Acs712;
- 01 Sensor de Tensão;
- 01 Relé.

O esquema eletrônico referente ao sistema pode ser visualizado na Figura 19.

Figura 19 – Esquema eletrônico



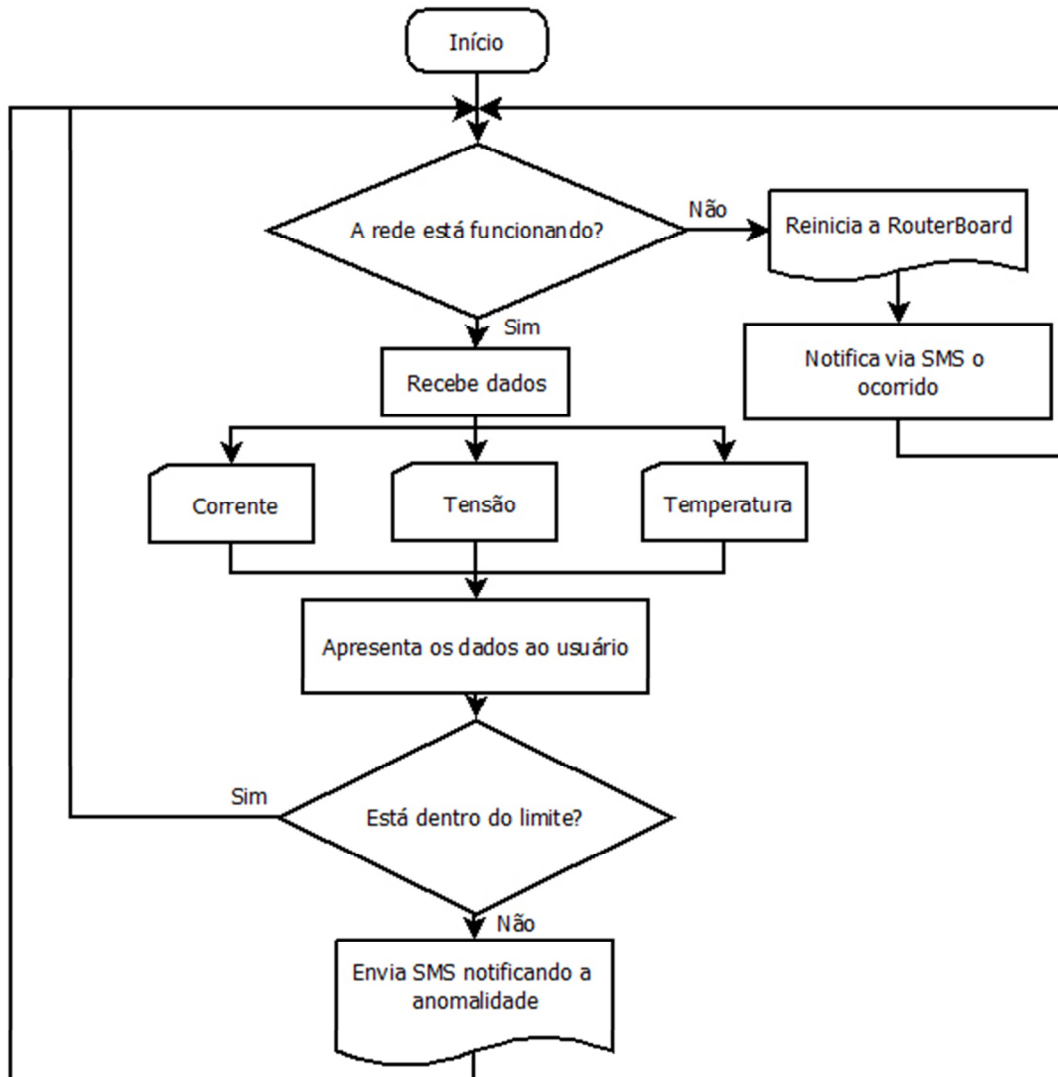
Fonte: Autor (2017)

1. RS485 – Tem a função de possibilitar a troca de informações entre o Raspberry Pi e o Arduino;
2. Relé – Deve ser ligado na alimentação da *RB* com o objetivo de reiniciá-la, caso a rede não esteja funcionando corretamente;

3. Sensor de Tensão – Permite a leitura de tensão de entrada no *Nobreak*, para isto é necessário estar ligado em paralelo ao ponto de entrada;
4. MCP3008 – Possibilita a integração de sensores analógicos no Raspberry Pi;
5. DS18B20 – Capta o parâmetro de temperatura correspondente ao módulo da RB;
6. Raspberry Pi – Recebe dados dos sensores e do Arduino, processa-os e os ilustra fazendo uso do sistema supervisorio MRTG nele instalado. Ao analisar os dados, verifica se os valores coletados pelos sensores estão no intervalo adequado, caso seja necessário, utilizando o *shield* GPRS ligado ao Arduino, envia um SMS para notificar uma eventual anomalia. Por fim, é feita por ele a constante averiguação de conectividade na rede e, se preciso, reinicia a *Routerboard*, acionando o relé;
7. Arduino – Recebe os dados do sensor (corrente) e os encaminha para o Raspberry Pi e, se solicitado, aciona o *shield* GSM para enviar uma SMS reportando um possível erro;
8. *Shield* GSM – Sua função reside no envio de mensagens que notifique o técnico sobre quaisquer irregularidades detectadas;
9. Sensor de Corrente – Monitora a corrente de entrada de energia do *Nobreak* transmite os valores adquiridos ao Arduino, que encaminhe ao sistema supervisorio (MRTG) via comunicação RS485;
10. Fonte de alimentação para o sistema de monitoramento.

O fluxograma de operação do sistema pode ser visualizado na Figura 20:

Figura 20 – Fluxograma do sistema



Fonte: Autor (2017)

Para programação da plataforma Arduino foi utilizado o IDE de desenvolvimento de código aberto do mesmo (IDE Arduino). O código para execução foi definido baseado nos requisitos descritos a seguir:

- Instruções que o permitisse receber dados dos sensores de tensão, corrente e temperatura selecionados para o projeto;
- Instruções que permitissem estabelecer comunicação via RS485 com o Raspberry Pi para envio dos dados coletados;
- Instruções para envio de notificações via SMS, através do *shield GSM GPRS*.

Para a programação da plataforma Raspberry Pi, foi utilizada a IDE Python 2.7.9. As instruções necessárias para tal foram desenvolvidas seguindo os requisitos listados a seguir:

- Instruções para coletar dados dos sensores de temperatura e tensão;
- Instruções para estabelecer comunicação e coleta de dados dos sensores da Plataforma Arduino via RS485;
- Instruções para acionamento do *shield* GPRS da plataforma Arduino para envio do SMS informando anomalias nos equipamentos.

A fim de promover a comunicação, são utilizados dois módulos conversores RS485, com função de padronização dos modelos de transmissão usados pelo Arduino e pelo Raspberry Pi.

A instalação dos sensores deu-se de forma que os sensores de temperatura e tensão estão ligados diretamente ao Raspberry Pi, enquanto que o de corrente se apresenta ligado diretamente ao Arduino. As saídas dos sensores de tensão e de correntes devem estar ligadas, respectivamente, em paralelo e em sério ao ponto de entrada de energia da *Routerboard*, enquanto que o sensor de temperatura deve ser acoplado a mesma.

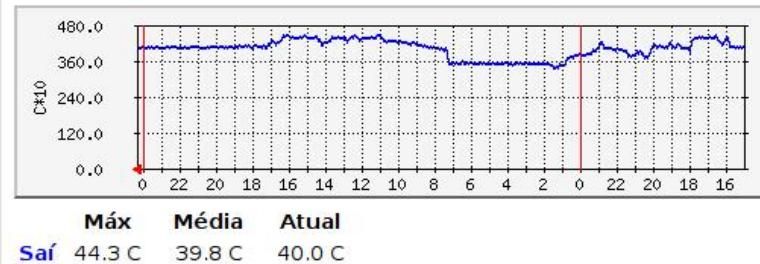
Posteriormente, houve a configuração, apêndice A, da interface de monitoramento usando a ferramenta MRTG, propiciando a utilização dos dados recebidos à representação gráfica dos valores de entrada dos sensores em páginas webs específicas para cada parâmetro, Figura 21:

Figura 21 – Interface com os valores dos sensores

Temperatura do equipamento - Cesupa TCC

Última atualização das estatísticas: **Segunda, 5 de Junho de 2017 às 0:24**, nesta hora 'a Temperatura' estava ativo por **este valor nominal**.

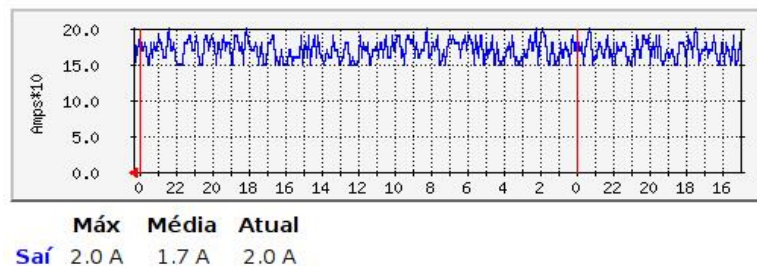
Gráfico `Diário' (5 minutos - média)



Amperagem do equipamento - Cesupa TCC

Última atualização das estatísticas: **Segunda, 5 de Junho de 2017 às 0:24**, nesta hora 'a Amperagem' estava ativo por **este valor nominal**.

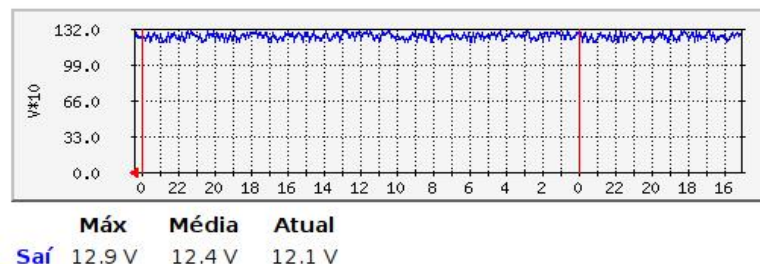
Gráfico `Diário' (5 minutos Média)



Tensao do equipamento - Cesupa TCC

Última atualização das estatísticas: **Segunda, 5 de Junho de 2017 às 0:29**, nesta hora 'a Tensao' estava ativo por **este valor nominal**.

Gráfico `Diário' (5 minutos - média)



Fonte: Autor (2017)

Em casos de leituras de dados fora do padrão preestabelecido, o Raspberry Pi irá acionar o microcomputador que enviará uma mensagem SMS ao técnico informando a possível necessidade de manutenção.

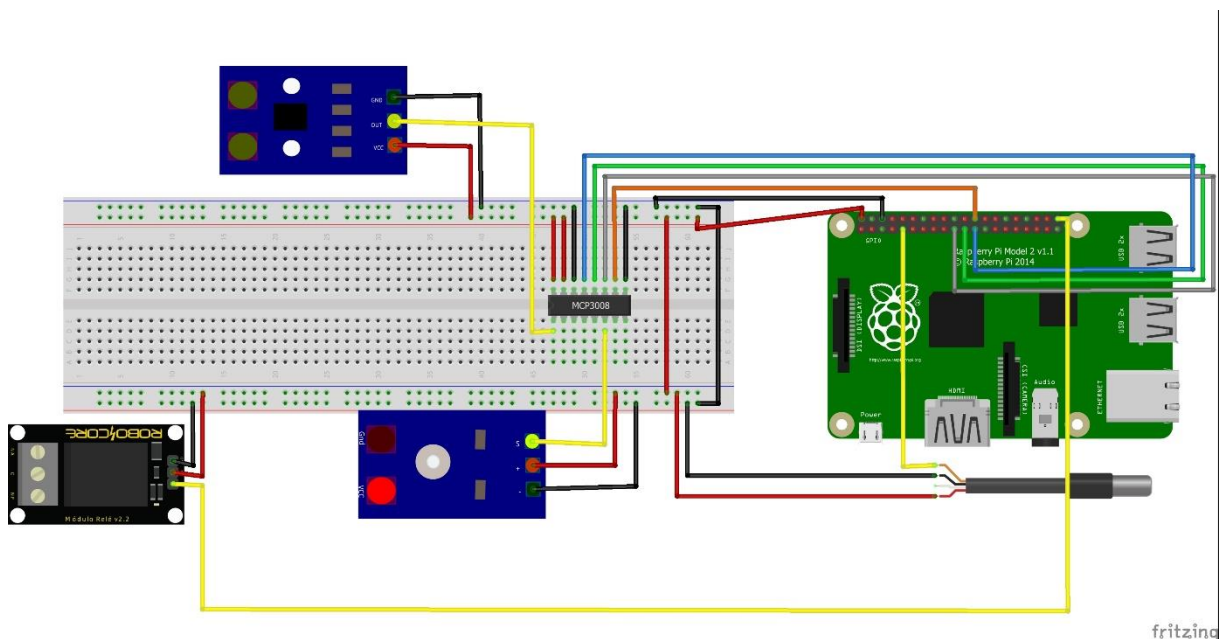
Por fim, a atualização da interface do operador será feita constantemente num intervalo de n segundos, assim o Raspberry Pi tem de estar ligado à rede da ERB. Se em algum momento for detectado a falta de conectividade, deve-se, utilizando-se de um relê, reiniciar a RB, com objetivo preventivo de restabelecer a conexão. Nesse cenário, é também enviada uma mensagem SMS ao operador, informando-lhe o ocorrido.

3.2.1 Arquiteturas

Para este projeto foi utilizado um modelo de arquitetura em que o Raspberry Pi e o Arduino estão conectados, trocando informações de sensores e solicitando funções, como por exemplo o envio da SMS de notificação. As principais vantagens desse modelo consistem nas possibilidades de monitoramento de diversos aparelhos espalhados pelo ambiente de implementação, além da alta compatibilidade com diversos sensores disponíveis no mercado.

Ademais, há a possibilidade de implementação utilizando-os separadamente de forma que no cenário de aplicação somente com Raspberry Pi, Figura 22, há de se modificar a forma de notificação de anomalia, uma vez que não há compatibilidade entre o *shield* GPRS e o mesmo.

Figura 22 – Arquitetura somente com Raspberry Pi

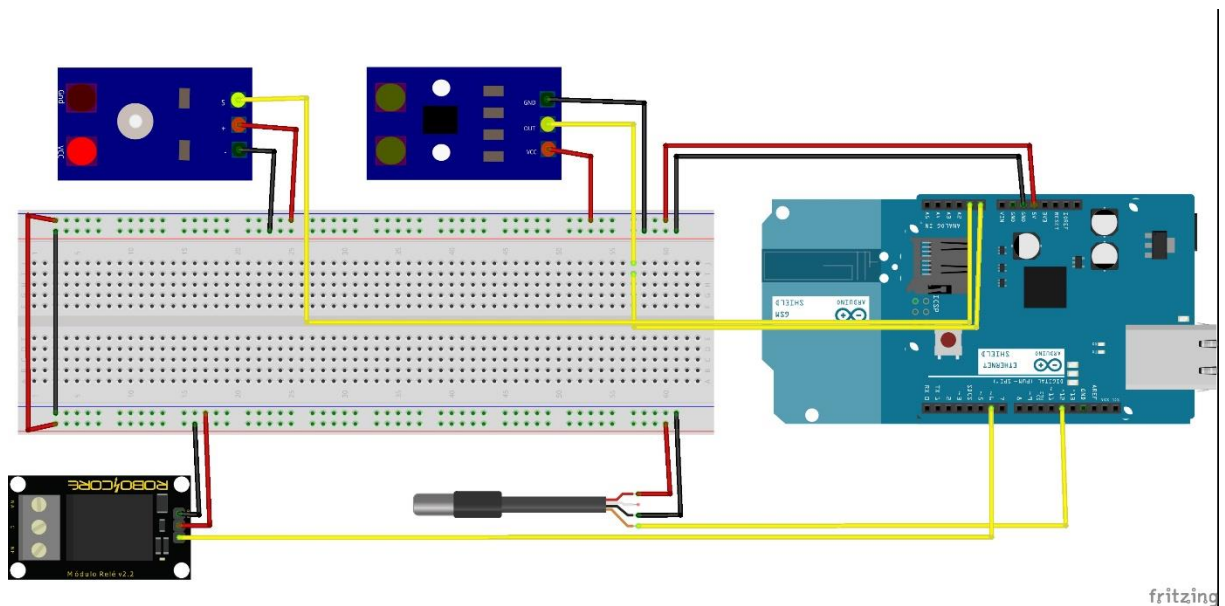


Fonte: Autor (2017)

Nesta arquitetura, há a limitação de uso a sensores digitais (contornável com um conversor analógico-digital AD), entretanto a quantidade de porta para entradas de dados pode vir a ser um problema em caso de ambientes com muitos equipamentos a serem monitorados. Suas vantagens residem em ser uma opção mais barata em comparação a arquitetura com as duas plataformas juntas, e manter uma interface Ethernet que possibilita integração com a rede da ERB.

Finalizando, temos a arquitetura que utiliza apenas a plataforma Arduino, Figura 23, todavia para termos suporte ao sistema supervisório temos que incluir um *shield* Ethernet. Distingue-se por ser a arquitetura de menor custo entre as três apresentadas, além de ser compatível com sensores tanto digitais como analógicos e permite o monitoramento contínuo e o sistema de notificação SMS. Destaca-se ainda o fato desta plataforma possuir modelos mais compactos, possibilitando a redução das dimensões físicas do produto final.

Figura 23 – Arquitetura somente com Arduino



Fonte: Autor (2017)

4 CONCLUSÃO

A partir dos conceitos e das arquiteturas apresentadas, conclui-se que o uso de sensores ligados a uma central de processamento, baseado em SE permite a produção de uma solução para monitoramento e correção de falhas dos equipamentos de ERB de provedor de Internet.

Ao apresentarmos três possíveis arquiteturas como solução para o problema apresentado, revelamos a versatilidade das duas plataformas de SE escolhidos. Podendo adaptá-los mediante as necessidades de cenário do usuário.

Por meio do projeto proposto, alcançou-se a captação de parâmetros físicos importantes para o funcionamento adequado dos equipamentos, com base nestes, é possível fazer o monitoramento de qualquer distúrbio destes, e em caso de anomalia, uma notificação em SMS é enviada aos números pré-configurados no sistema.

Houve também a integração idealizada com o sistema supervisor, que permitiu a exposição dos dados de entrada, num determinado período de tempo, na interface formada pelo mesmo, com adaptações em html, provenientes dos estudos específicos de programação realizados.

O desenvolvimento de software na linguagem de programação Python foi fundamental para a utilização de scripts que permitissem o uso dos sensores no sistema, além de possibilitar a comunicação entre o Raspberry Pi e o Arduino.

4.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Um dos desafios encontrados neste projeto foi a comunicação direta entre o *shield GSM* e o Raspberry Pi, pois há uma diferença de voltagem entre as portas seriais integradas. Em vista disso, o projeto incluiu a plataforma Arduino que acarretou a necessidade de implementação do conversor RS485.

É destacável o fato do microcomputador Raspberry Pi não possuir um conversor analógico-digital em sua estrutura, o que dificulta o uso de sensores analógicos, sendo necessário a utilização de um conversor AD externo, a fim de que se contornasse o empecilho.

4.2 TRABALHOS FUTUROS

No desenvolvimento deste sistema, notou-se a possibilidade de diversificação para outros cenários de aplicação como hospitais e indústrias. Dessa forma, projeta-se a possibilidade de especificação para outros setores por meio da inclusão de sensores específicos para determinados ambientes, como sensor de radiação, de vibração, de umidade.

Uma perspectiva para este projeto reside na implementação de mais controladores. O conversor RS485 proporciona a oportunidade de usar até trinta e um escravos, sendo assim, é possível realizar o monitoramento de diversos equipamentos ligados no mesmo sistema.

Outra possibilidade é a implementação de módulos que permitam redução do tempo e custos de manutenção do próprio sistema proposto no trabalho.

5 REFERÊNCIAS

ALLEGRO. **Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor**. Worcester. 2013. 15 p.

ARDUINO. **Arduino UNO REV3**. Disponível em:

<<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

_____. **Arduino Mega 2560 rev3**. Disponível em:

<<https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>>. Acesso em: 11 mar. 2017.

_____. **What is Arduino?**. Disponível em:

<<https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>>. Acesso em: 7 fev. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ALMEIDA, H. **Tudo Conectado**. Disponível em:

<http://www.sbc.org.br/images/flippingbook/computacaobrasil/computa_29_pdf/comp_brasil_2015_4.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2017.

BASTOS, P.M.L. **Sistema de predição de avarias em máquinas de unidades fabris globalmente dispersas**. 203 f. Dissertação (Doutorado) – Engenharia Industrial e de Sistemas, Universidade do Minho. Braga, 2015.

BOLTON, W. **Mecatrônica: Uma abordagem multidisciplinar**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 664p.

BRANCO FILHO, G. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

CARRARA, V. **Apostila de Robótica**. 81 f. Curso de engenharia mecânica, área de ciências exatas, Universidade de Braz Cubas. Mogi das Cruzes, [2010?].

COELHO, M.S. **Apostila de Sistemas supervisórios**. 43 f. Instituto Federal São Paulo, Campus Cubatão, São Paulo, 2010.

CRUZ, S. C. **Verificação dos Níveis de Radiação Emitidos pelas Antenas das ERB's e Percepção das Comunidades Próximas.** 166 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

CUNHA, J.M. **Protótipo de Rede Industrial Utilizando o Padrão Serial Rs485 e Protocolo Modbus.** 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências da Computação, Universidade Regional de Blumenau. 2000.

DE SAINT-EXUPERY, A. **Internet of Things: Strategic Research Roadmap.** Bruxelas: **European Commission Social Media**, 2009.

DEAL. **7 TENDENCIAS DE IOT EM 2017.** Disponível em: <<http://www.deal.com.br/noticias/7-tendencias-de-iot-em-2017.html>>. Acesso em: 11 jun. 2017.

FONSECA FILHO, C. **História da Computação: O Caminho do pensamento e da tecnologia.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

FOROUZAN, B. A. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores.** 4. ed. São Paulo: Mc Graw Hill, 2007. 1134 p.

JANNANI, J. **Terceira geração nas comunicações móveis celulares, aspectos tecnológicos e mercadológicos.** 169 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Londrina. 2002.

MAPTECHNOLOGY. **Industria 4.0: Uma visão pragmática de sua aplicação.** Disponível em: <<http://maptechnology.com.br/pt-br/novidades/industria-40-uma-vis%C3%A3o-pragm%C3%A1tica-de-sua-aplica%C3%A7%C3%A3o-parte-i>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

MAXIM INTEGRATED. **DS18B20: Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer.** San Jose. 2015. 20 p.

_____. **MAX481/MAX483/MAX485/MAX487–MAX491/MAX1487: Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers.** San Jose. 2014. 17 p.

MEDEIROS, J. C. O. **Princípios de telecomunicações: Teoria e Prática.** 2 ed. São Paulo: Editora Érica, 2007. 316 p.

MICROCHIP. **2.7V 4-Channel/8-Channel 10-Bit A/D Converters with SPI Serial Interface**. USA. 2008. 40 p.

_____. **MCP3008**. Disponível em:

<<http://www.microchip.com/wwwproducts/en/en010530>>. Acesso em: 1 jun. 2017.

OETIKER. **MRTG**. 2011. Disponível em: <<http://oss.oetiker.ch/mrtg/>>. Acesso em: 20 mai. 2017.

OLIVEIRA, A.S; ANDRADE, F. S. **Sistemas Embarcados: Hardware e firmware na prática**. 2 ed. São Paulo: Érica, 2010.

PACKETLIFE. **PRTG Network Monitor**. Disponível em:

<<http://packetlife.net/armory/prtg-network-monitor/>>. Acesso em: 2 jun. 2017.

PADUELI, M.P. Estações Rádio Base: Aspectos legais e o atual o sistema de gestão. **InterfacEHS**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-16, ago, 2006.

PAESSLER. **PRTG**. 2017. Disponível em: <<https://www.br.paessler.com/prtg>>. Acesso em: 2 jun. 2017.

PERES, Carlos Roberto Coelho; LIMA, Gilson Brito Alves. Proposta de modelo para controle de custos de manutenção com enfoque na aplicação de indicadores balanceados. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 149-158, abr. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2008000100013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 04 jun. 2017.

RAPPAPORT, T.S. **Comunicação Sem Fio: Princípios e Práticas**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

RASPBERRY. **Raspberry Pi 2 on sale**. Disponível em:

<<https://www.raspberrypi.org/blog/raspberry-pi-2-on-sale>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

_____. **Raspberry Pi 2 Model B**. Disponível em:

<<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>>. Acesso em: 15 mai. 2017.

ROBOCORE. **Módulo Relé**. Disponível em:

<<https://www.robocore.net/loja/produtos/modulo-rele.html>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

ROSÁRIO, J. M. **Automação Industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009. 514 p.

SALDANHA, T. **O que é um RouterBoard?**. Disponível em:

<<http://www.sistemaembutido.com.br/article.php?id=38>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

SANTOS, D. M. **Relê**. Disponível em: < <http://www.infoescola.com/electronica/rele/>>.

Acesso em: 17 mar. 2017.

SOUZA, J. B.; SACOMANO, J. B.; KYRILLOS, S. L.; MILREU, F. J. S. **Indicadores de desempenho da função manutenção: um enfoque em aciarias brasileiras**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Ano 7, nº 3, p. 75 - 89, 2012.

TELEBRASIL. **ERBS**. Disponível em:

<<http://telecocare.teleco.cl9.com.br/telebrasil/erbs/>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

TINYSSINE. **GSM/GPRS shield datasheet**. 2014. Disponível em:

<<http://www.tinyosshop.com/datasheet/GSM%20Shield%20Datasheet.pdf>>. Acesso em 20 abr. 2017.

VINITRÔNICA. **Microcontrolador Atmel Atmega328p-pu**. Disponível em:

<<http://www.vinitronica.com.br/pd-25ab15-microcontrolador-atmel-atmega328p-pu.html>>. Acesso 25 mai. 2017.

WITHOUT THE CAT. **Cells sites**. Disponível em:

<<http://www.withoutthecat.com/index.html>>. Acesso em 18 mar. 2017.

YTIMG. **MRTG Index Page**. Disponível em:

<https://i.ytimg.com/vi/H49V4K_fCis/maxresdefault.jpg>. Acesso em 25 mai. 2017.

APÊNDICE A – ARQUIVO .CFG DA INTERFACE GERADO PELO MRTG

```
# Arquivo .cfg para configuração da interface no MRTG

EnableIPv6: no

WorkDir: /var/www/Mrtg

#Parte relativa ao sensor de Amperagem

Target[r]: `/root/Desktop/New/pi.py`

MaxBytes[r]: 12500000

YLegend[r]: mA

ShortLegend[r]: mA

LegendI[r]: mA

Legend1[r]: Amperagem

Options[r]: gauge, noi, nopercnt, withzeroes

Title[r]: Amperagem

PageTop[r]: <H1>Amperagem do equipamento - Cesupa TCC</H1>

Language: brazilian

RunAsDaemon: Yes

Interval: 5

Refresh: 300

#Parte relativa ao sensor de Tensão

Target[T]: `/root/Desktop/New/tensf.py`

MaxBytes[T]: 12500000

YLegend[T]: V

ShortLegend[T]: V

LegendI[T]: Volts
```

Legend1[T]: Tensão

Options[T]: unknaszero, gauge, noi, nopercent

Title[T]: Tensao

PageTop[T]: <H1>Tensao do equipamento - Cesupa TCC</H1>

#Parte relativa ao sensor de Temperatura

Target[Temp]: `/root/Desktop/New/tempf.py`

MaxBytes[Temp]: 12500000

YLegend[Temp]: C

ShortLegend[Temp]: C

LegendI[Temp]: Temp

Legend1[Temp]: Temperatura

Options[Temp]: unknaszero, gauge, noi, nopercent

Title[Temp]: Temperatura

PageTop[Temp]: <H1>Temperatura do equipamento - Cesupa TCC</H1>