



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

**SUPERVISÃO REMOTA DE GRUPOS GERADORES DE ENERGIA  
ELÉTRICA**

Maiqui Anselmo Daltoé Mascarello

Lajeado, junho de 2019

Maiqui Anselmo Daltoé Mascarello

## **SUPERVISÃO REMOTA DE GRUPOS GERADORES DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Me. Anderson Antônio  
Giacomolli

Lajeado, junho de 2019

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de supervisão remota, que estabeleça comunicação entre a unidade eletrônica de comando de um grupo gerador de energia elétrica, com um programa de supervisão SCADA. O supervisório foi desenvolvido para esse projeto na linguagem *PHP*, executando remotamente em uma máquina servidora. No servidor também é implementado um mestre *Modbus TCP/IP* desenvolvido em linguagem Java. O armazenamento de informações é realizado em banco de dados *SQL*, disponibilizando os dados para o sistema de supervisão. O *hardware* de coleta dos dados do barramento *Modbus RTU*, foi concebido em uma placa de circuito impresso, onde estão dispostos o microcontrolador e os circuitos, tanto de alimentação, como os utilizados para comunicação entre o microcontrolador e o barramento. Para enviar as informações dos geradores, são utilizados *sockets* com as informações no protocolo *Modbus TCP/IP*, utilizando uma rede *IEEE 802.11*. O sistema desenvolvido foi validado com ensaios em um gerador de energia elétrica, que é apresentado neste trabalho. Os resultados obtidos nos testes expressaram que o sistema é hábil executando as operações que se propôs e ainda satisfaz aos princípios de diminuto custo.

**Palavras-chave:** Supervisão remota. *Modbus RTU*. Servidor *Modbus TCP/IP*. Grupo gerador. SCADA.

## **ABSTRACT**

The present work aims to develop a remote supervision system that establishes communication between the electronic control unit of an electric power generating group with a SCADA supervision program. The supervisor was developed for this project in the PHP language, installed remotely in a machine with fixed IP, where a Modbus TCP/IP server created in the Java language is implemented. The information storage is performed in SQL database, making the data available to the supervision system. The hardware for collecting data from the Modbus RTU bus was designed on a printed circuit board, where the microcontroller and the power and communication circuits between the microcontroller and the bus are arranged. To send the generator information, sockets with the information in the Modbus TCP/IP protocol are used, using an IEEE 802.11. The developed system was validated with tests in an electric power generator, which is presented in this work. The results obtained in the tests expressed that the system is able to execute the operations that were proposed and still satisfies to the principles of low cost.

**Keywords: Remote supervision. Modbus RTU. Modbus TCP/IP server. Generator cluster. SCADA.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo do sistema proposto .....	12
Figura 2 - Arquitetura interna de um microcontrolador .....	18
Figura 3 - Módulo WI-Fi ESP8266 Node MCU ESP-12.....	19
Figura 4 - Descrição dos pinos presentes no NodeMCU ESP-12 .....	20
Figura 5 - Diagrama do modelo cliente servidor.....	21
Figura 6 - Servidores no papel de clientes .....	21
Figura 7- Tráfego de mensagens na rede Modbus .....	23
Figura 8 - Estrutura mensagem Modbus RTU.....	23
Figura 9 - Estrutura de camadas do protocolo Modbus.....	25
Figura 10 - Quadro de mensagens Modbus.....	26
Figura 11 - Grupo gerador diesel fabricado pela Stemac.....	31
Figura 12 - Ilustração do sistema .....	34
Figura 13 - Comunicação feita entre os nós presentes no sistema.....	35
Figura 14 - Grupo gerador Stemac utilizado.....	35
Figura 15 - Unidade de controle DSE7420.....	36
Figura 16 - Recursos do controlador DSE7420.....	37
Figura 17 - Página 4 de registros do controlador .....	38
Figura 18 - Fluxograma de comunicação Modbus do gerador .....	39
Figura 19 - Hardware de coleta .....	40
Figura 20 - Circuito regulador de tensão com LM2596 .....	41
Figura 21 - Hardware de coleta conectado ao barramento via RS232.....	41
Figura 22 - Esquemático do módulo conversor RS232 - TTL.....	42
Figura 23 - Hardware de coleta conectado ao barramento via RS485.....	43

Figura 24 - Esquemático do módulo conversor RS485 - TTL.....	43
Figura 25 - Conexão com barramento Modbus via USB .....	44
Figura 26 - Esquemático do módulo conversor USB - TTL .....	45
Figura 27 - Conexão do hardware de coleta ao notebook.....	46
Figura 28 - Fluxograma de trabalho do hardware de coleta .....	47
Figura 29 - Fluxograma de trabalho do servidor.....	48
Figura 30 - Diagrama conceitual do banco de dados .....	49
Figura 31 - Diagrama lógico do banco de dados.....	49
Figura 32 - Tela principal do supervisório com dados .....	50
Figura 33 - Telas do supervisório vistas por um smartphone .....	51
Figura 34 - Tela de cadastro para novos usuários .....	51
Figura 35 - Tela inicial do supervisório.....	52
Figura 36 - Pesquisa por modelo de gerador .....	53
Figura 37 - Tela de cadastro para novos geradores.....	54
Figura 38 - Importação e compartilhamento de documentos .....	55
Figura 39 - Arquivos que o usuário tem acesso .....	55
Figura 40 - Tela do Database Explorer .....	56
Figura 41 - Estatísticas de acesso do sistema .....	57
Figura 42 - Conexão do hardware de coleta ao gerador via RS232.....	59
Figura 43 - Pesquisa por gerador ativo .....	60
Figura 44 - Dados coletados do gerador .....	60
Figura 45 - Dados adquiridos do gerador .....	61
Figura 46 - Conexão do hardware de coleta ao gerador via RS485.....	62
Figura 47 - Supervisório sendo acessado pelo smartphone .....	63

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Requisição do mestre para leitura dos registros do escravo .....	25
Tabela 2 - Resposta do escravo ao mestre.....	26

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
2.1 Tecnologia de comunicação sem fio.....	14
2.1.1 Wi-Fi .....	15
2.2 Sistemas distribuídos.....	15
2.2.1 Microcontrolador .....	16
2.2.2 NodeMCU .....	18
2.2.3 Modelo cliente servidor .....	20
2.3 Protocolo <i>Modbus</i> .....	22
2.4 Conversor RS232 para Transistor Transistor Logic ( <i>TTL</i> ) .....	26
2.5 Conversor RS485 para <i>TTL</i> .....	27
2.6 Banco de dados .....	27
2.7 Supervisão .....	27
2.8 Grupo gerador.....	29
<b>3 DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>32</b>
3.1 Visão geral do sistema.....	32
3.1.1 Gerador.....	35
3.1.2 <i>Hardware</i> de coleta.....	39
3.1.3 Servidor <i>Modbus TCP/IP</i> .....	47
3.1.4 Banco de dados.....	49
3.1.5 Supervisório.....	50
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>58</b>
4.1 Teste prático de comunicação via RS232.....	58
4.2 Teste prático de comunicação via RS485.....	61
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>64</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>66</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Com a perspectiva crescente de crise energética brasileira, ocasionada substancialmente pela escassez de água nos reservatórios das usinas hidroelétricas, acrescentou uma grande preocupação a todos em relação ao fornecimento de energia elétrica em nosso país. Como cerca de 60% da matriz energética brasileira é por meio de hidrelétricas, segundo Banco de Informação de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica -- ANEEL (2019), para continuar atendendo a demanda tiveram que acionar usinas termelétricas, gerando as bandeiras tarifárias, que é uma taxa acrescida na tarifa elétrica. De acordo com a CPFL (2018) estas bandeiras demonstram ao usuário o real preço da energia e a situação de fornecimento do sistema.

A utilização de termelétrica só é aplicada quando os reservatórios estão com sua capacidade de geração abaixo do normal, o que se deve o valor elevado de operação desta matriz, sendo este o cenário ocorrido com frequência no Brasil. Segundo dados do Operador Nacional do Sistema ONS (2019) a situação média dos reservatórios mais relevantes do país em junho de 2019 não chegou a 50%. Devido a este cenário para suprir a demanda energética o governo acionou as usinas termelétricas, mas por serem uma matriz com custos elevados ocasionou no aumento das tarifas, ajustes de impostos e a origem das bandeiras tarifárias em 2015.

A constituição de cores das bandeiras tarifárias indica se o custo da energia terá elevação ou diminuição em função do meio de geração da eletricidade. Segundo Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos -- DIEESE (2015) a bandeira na cor verde não ocorre acréscimo na tarifa, indicando condição favorável de geração de energia, com a bandeira amarela a situação de geração está menos favoráveis e gera um leve aumento na tarifa e por fim, caso a geração tenha

custo mais elevado, entra em vigor a bandeira vermelha elevando o valor da tarifa. A partir daí, os consumidores tiveram aumentos expressivos no valor de suas contas de energia elétrica, motivando a entender a estrutura tarifária. Dessa forma, por meio das bandeiras, o governo conseguiu justificar todos os aumentos na tarifa e repassou aos consumidores.

Outro fator crítico está em realizar a coordenação do abastecimento de energia elétrica de maneira eficiente e correta, este tem se tornado uma dificuldade. A eletricidade tem se tornado mais cara de modo geral no Brasil onde a maior parte da geração é hídrica (NEDER, 2015). Esse está passando por uma crise hídrica que iniciou em 2014 e vem se agravando, devido à falta de chuvas e principalmente por não conter um planejamento por parte do governo para este tipo de cenário.

O consumo de energia elétrica no Brasil vem aumentando em todas as regiões e é um aspecto importante a ser ressaltado. O consumo nacional de energia elétrica totalizou 41.197 giga watt-hora (GWh) em fevereiro de 2019, que corresponde a um aumento de 4,6% em comparação ao mesmo mês do ano de 2018 e 55,4% de elevação com fevereiro de 2004 (EPE, 2019). Isso ocorre pela oferta tecnológica implantada nos consumidores residenciais e industriais, assim incentivando os setores responsáveis a aplicar medidas para que não ocasione a falta de energia fornecida aos consumidores. Logo medidas foram tomadas com a autorização da ANEEL, como multas para consumidores que excedem a demanda contratada e cobrar altos valores pela energia consumida no horário de ponta.

A associação entre capacidade de geração e consumo foi o motivo da origem do chamado horário de ponta, para consumidores específicos, comerciais e industriais, sendo que esse período é formado por três horas no intervalo onde ocorre maior demanda de energia, e o seu custo é substancialmente mais elevado. Pode ocorrer variações desse horário entre as regiões do país, também o período do ano pode interferir, normalmente é entre o final da tarde e início da noite (PROCEL, 2009). Em virtude do que foi mencionado, muitos consumidores tiveram suas tarifas elevadas, sendo preciso optar por alguma fonte de energia complementar para suprir a demanda energética nesse período.

Para evadir-se das excessivas contas com energia elétrica, muitos estabelecimentos que precisam continuar em atividade durante essas três horas do

horário de ponta, tem como alternativa mais comum, com boa atratividade técnica e financeira, a utilização de grupos geradores movidos a óleo diesel para suprir total ou parcialmente a demanda, substituindo a concessionária neste período, o que é favorável para essas distribuidoras também. O elevado custo da energia nesse horário justifica a autoprodução por geradores movidos com diesel (ANEEL, 2002). Essa alternativa teve incentivo das concessionárias, pois apesar de não terem faturamento, essa ação alivia todo o sistema durante essas três horas, diminuindo a possibilidade de qualquer tipo de interrupção no fornecimento, o que influencia de modo direto nos indicadores de qualidade de serviço. Dado o exposto, o gerador movido a diesel quando utilizado com uma boa supervisão e monitoramento, sem fio quando possível, se torna um grande aliado dos grandes consumidores de energia elétrica.

Por meio de redes sem fio pode ser feito o gerenciamento remoto dos geradores localizados distantes dos centros de controle, essas redes são muito utilizadas em sistemas de automação hoje em dia. Estão cada vez mais presentes as redes de comunicação sem fio nos sistemas de automação, principalmente industrial (LUGLI; SANTOS, 2009). Dessa forma os sistemas de supervisão não precisam estar instalados próximo ao equipamento monitorado.

Os sistemas de supervisão e aquisição de dados são capazes de controlar remotamente diversos tipos de equipamentos industriais, usufruindo dos mais variados recursos tecnológicos. Os sistemas de supervisão são denominados abreviadamente de Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA), por serem *softwares* em que o operador pode manipular, monitorar e controlar qualquer variável do processo em questão disponibilizadas por conexão através de drivers de comunicação (BOYER, 2010). Levando em conta o que foi observado, a supervisão remota de geradores pode auxiliar todos os grandes consumidores onde não é necessário que alguém se desloque até a máquina para saber a situação de suas grandezas elétricas e mecânicas.

O monitoramento e gerenciamento de grupos geradores com o auxílio de sistemas de supervisão se faz presente em praticamente todos sistemas de automação industriais modernos.

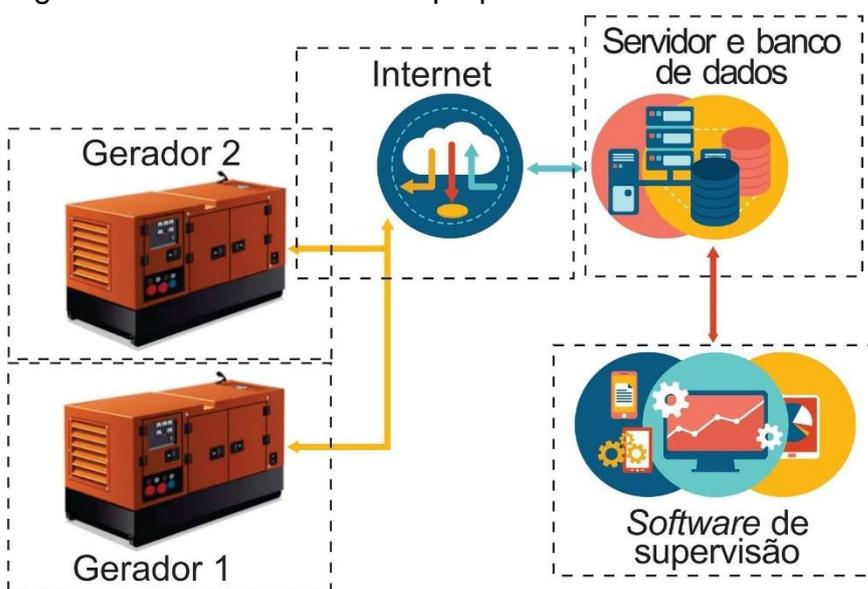
Partindo desse ponto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma aplicação de supervisão e monitoramento remoto especificamente em geradores de

instalações elétricas com foco nos grupos geradores de energia de corrente alternada. Tendo como base um gerador, dois protocolos industriais de comunicação, um servidor e um módulo comunicação sem fio.

Primordialmente, objetivou-se a implantação do banco de dados e o servidor, em uma máquina com *Internet Protocol (IP)* fixo viabilizando acesso remoto. Seguidamente foram desenvolvidas as telas do supervisório onde são exibidas as informações do banco de dados e demais dados pertinentes, também concedeu-se acesso ao supervisório para qualquer dispositivo conectado à *Internet*. Posteriormente foi criada a programação de conversão dos protocolos utilizados na comunicação entre a unidade eletrônica de comando do gerador, o microcontrolador e o servidor remotamente.

A Figura 1 é um diagrama substanciado do sistema proposto, atentando seus basilares recursos.

Figura 1 - Modelo do sistema proposto



Fonte: Autor, 2019.

O presente trabalho foi dividido em capítulos. O Capítulo 2, abrange a revisão bibliográfica necessária para entendimento dos atributos e funcionalidades. O Capítulo 3, descreve o desenvolvimento do sistema, citando os detalhes de cada parte do projeto e tecnologias implementadas nele, especificando, *hardware* de coleta, servidor *Modbus Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)*, banco de dados e supervisório. O Capítulo 4, expõe os resultados alcançados com o sistema

em operação. O Capítulo 5, evidencia as considerações finais, bem como orientações para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse trabalho demandou conhecimentos específicos das áreas de programação, eletrônica, barramentos, redes e elétrica. Para tanto, esse capítulo apresenta os conceitos dos protocolos de comunicação e principais componentes que fazem parte do projeto.

### 2.1 Tecnologia de comunicação sem fio

Para Silva (1999), as tecnologias sem fio utilizam, quando a comunicação por cabos é inviável, radiofrequências ou raios infravermelhos. Por meio da modulação dos dados do emissor e transmitidas por ondas eletromagnéticas em uma certa frequência, cabe ao receptor sintonizado na mesma frequência filtrar o que é recebido, permanecendo apenas as informações que lhe dizem respeito e rejeitando as demais frequências.

Segundo Sverzut (2005), o fluxo de dados em arquiteturas sem fio ocorre por meio de ondas irradiadas pelo ar em frequências de acordo com o modo de comunicação definido para o sistema. Os modos podem ser divididos em *simplex*, *half-duplex* ou *full-duplex*, onde o primeiro opera em apenas em um único sentido com uma simples frequência, já o segundo também opera com uma única frequência, mas suporta comunicação bidirecional, sendo um sentido de cada vez. O último citado opera com duas frequências, uma para recepção e outra para transmissão, além de poder executar comunicação simultânea e bilateral. Os dispositivos *wireless* operam com transmissão *half-duplex*, onde cada estação transmissora e receptora utiliza a mesma frequência de recepção (Rx) e de transmissão (Tx).

Não existe uma consonância referente ao começo da utilização dessas redes. Engst e Fleishman (2005), afirmam que o uso delas teve início em 1971 com um projeto interligando as universidades do Havaí. Contudo, com o propósito de trocar dados entre computadores, elas popularizaram-se na informática pessoal na metade dos anos 80.

Segundo *IEEE* (2018), cada tecnologia sem fio pertence a um grupo do *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* que rotula cada tipo de rede. A classificação destes grupos se faz importante, já que endereça padrões estáveis que proporcionam economia de escala nos equipamentos. A tecnologia de padrão *IEEE* 802.11, que promove o vínculo de dispositivos sem fio, é o que chamamos de uma forma não formal de “Wi-Fi”.

### **2.1.1 Wi-Fi**

Consoante Alliance (2019), a expressão “*Wi-Fi*” surgiu em 2000 pela própria *Wi-Fi Alliance*, rede multinacional de empresas que desenvolvem tecnologias e *softwares* Wi-Fi modernos. Além disto, certifica produtos que seguem os padrões de segurança, qualidade, desempenho e capacidade.

Para Flickenger (2007), atualmente para construção de redes sem fio, com um custo inferior, a principal tecnologia empregada é a do grupo de protocolos 802.11. Segundo Universotech (2016), a oferta do sinal Wi-Fi é viabilizada por meio de ondas eletromagnéticas em frequências distintas. As primeiras redes utilizavam 2,4 *gigahertz (GHz)* de frequência e transmissão de 2 megabits por segundo (Mb/s). O segundo padrão, intitulado 802.11b, chega a atingir 11 Mb/s de transmissão, popularizando no mercado, porém apresentava problemas de interferência devido sua baixa frequência.

## **2.2 Sistemas distribuídos**

Os sistemas distribuídos consistem em múltiplos elementos de processamento interligados e com responsabilidades atribuídas segundo suas atribuições da carga de

trabalho e dados, buscando, dessa forma, o melhor desempenho para realização de qualquer processo (COULOURIS; DOLLIMORE et al., 2011).

De acordo com Tanenbaum e Steen (2007), quando vários computadores agrupados e interligados por uma rede com certa velocidade e consigam se comunicar é chamado de sistema distribuído.

Tem como objetivo principal conectar os clientes e seus recursos de forma aberta, transparente e que possa aumentar o tamanho da rede a qualquer momento compartilhando os serviços. Assim se tornam mais seguros, tolerantes a falhas e com processamento superior a modelos com um único processamento. A *Internet* entra nessa classificação de sistema distribuído, pois tem um grupo de computadores independentes conectados mutuamente e compartilhando recursos (SIMOMURA, 2009).

O desenvolvimento de um sistema distribuído, além de lidar com tecnologias diferentes em um sistema distribuído, precisa haver uma finalidade que seja claramente definida. dentre elas podem ser: computacionais, disponibilizar informações ou sistemas embutidos (TANENBAUN, 2007).

### **2.2.1 Microcontrolador**

O microcontrolador é um pequeno circuito integrado encapsulado em uma pastilha de silício que possui internamente memória de programa, memória de dados, portas de entrada, saída paralela, *timers*, contadores, comunicação serial, PWM (Modulação de Largura de Pulso), conversores analógico digitais e dependendo da necessidade do projeto, pode haver outras configurações internas. Independentemente de sua arquitetura interna, pode ser programado sendo normalmente utilizado para controlar processos lógicos (SOUZA, 2003).

Os componentes eletrônicos estão presentes no controle e acionamento de sistemas mecânicos há muito tempo, mas com o surgimento dos circuitos integrados de tamanho reduzido, abriu as portas para a criação em larga escala além de baixo custo de microprocessadores dedicados nomeados microcontroladores (ADAMOSKI; FURUKAWA; GOZMAN, 2001).

Também pode ser definido como, uma unidade central de processamento (CPU) de tamanho reduzido, capaz de ler, interpretar e executar um conjunto de comandos denominados instruções (ZANCO, 2005).

Atualmente são encontrados em quase todos aparelhos eletrônicos, pois quando são utilizados diminuem o tamanho dos circuitos, agilizam a manutenção e controlam praticamente todas as rotinas internas que envolvem processamento em eletrônicos.

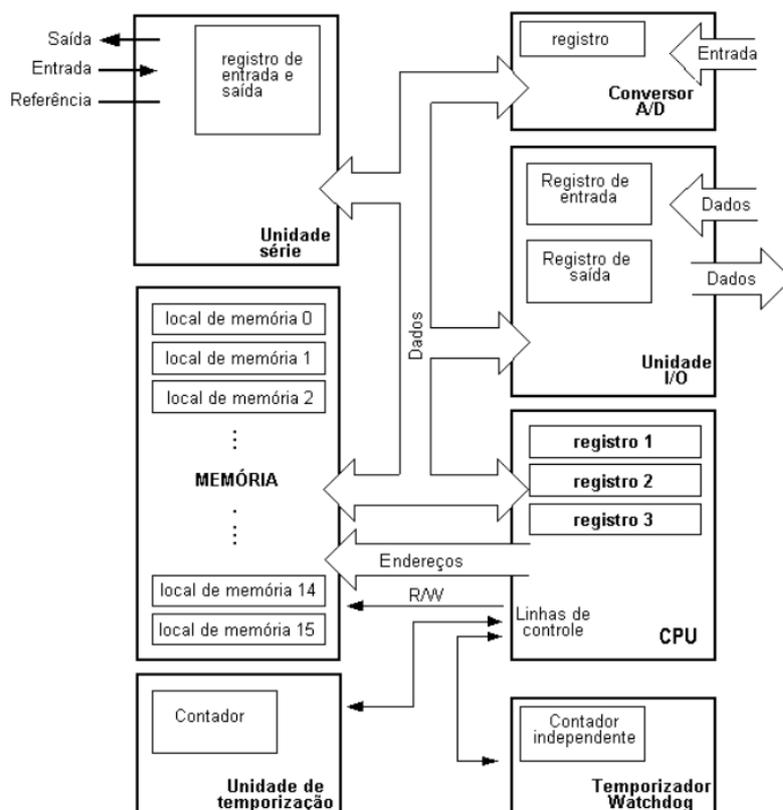
Um microcontrolador executa tarefas que necessitavam de um grande número de outros componentes eletrônicos, sendo assim, aprender a programar microcontroladores significa aprender a resumir circuitos elétricos, muitas vezes de um tamanho considerável, em apenas um único componente (MARTINS, 2005).

Para alocar as tarefas que serão controladas pelo microcontrolador, é necessário gravar um programa em sua memória de código interna, para isso a sintaxe de códigos é desenvolvida em uma interface de programação e transformada por um *software*, chamado de compilador em uma linguagem binária, sendo também conhecida como linguagem de máquina.

Habitualmente é utilizada a linguagem C para programar os microcontroladores, pois ela já é encontrada em seus compiladores para a criação de *softwares*. O compilador toma a frente das tarefas de controle e encontro das variáveis, algoritmos matemáticos e lógicos, checagem de bancos de dados e memória (PEREIRA, 2009).

Na Figura 2 podemos ver como é a arquitetura interna de um microcontrolador com todos elementos básicos e conexões internas.

Figura 2 - Arquitetura interna de um microcontrolador

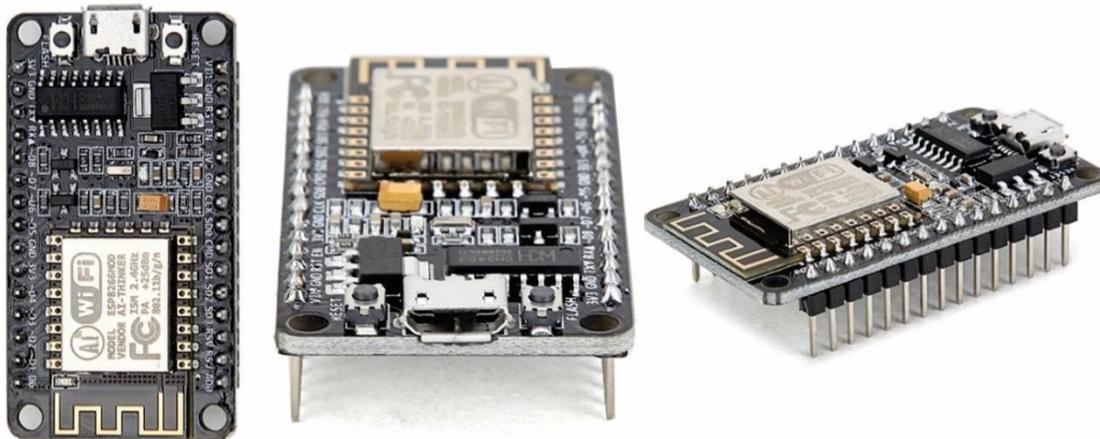


Fonte: Adaptado de ASSIS (2004).

### 2.2.2 NodeMCU

Segundo (OLIVEIRA, 2017), o NodeMCU, apresentado na Figura 3, é um microcontrolador baseado no ESP8266, que possui comunicação WiFi, por esse motivo ele é utilizado independentemente ou em conjunto com outros microcontroladores, como o Arduino e Raspberry PI, por exemplo. Contém processador que opera em 80 MHz, mas pode chegar ao dobro dessa velocidade. Apesar de ser empregado como módulo WiFi, ele pode ter sua programação desenvolvida tanto com o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) do Arduino quanto usufruindo de sua linguagem padrão, LUA, ou ainda por comandos AT.

Figura 3 - Módulo WI-Fi ESP8266 Node MCU ESP-12



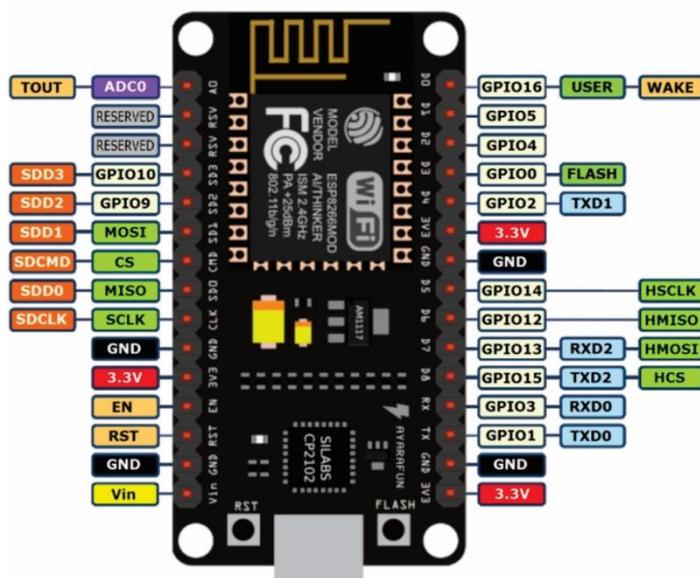
Fonte: Autor, 2019.

Especificações:

- ESP8266 ESP-12F (*datasheet*);
- *Wireless* padrão 802.11 b/g/n;
- Antena embutida;
- Conector *micro-USB*;
- Suporta 5 conexões *TCP/IP*;
- Portas *General Purpose Input/Output (GPIO)*: 11;
- Suporta Upgrade remoto de *firmware*;
- Conversor analógico digital (ADC);
- Distância entre pinos: 2,54 milímetro (mm);
- Dimensões: 49 x 25,5 x 7 mm;

A Figura 4 apresenta distribuição dos pinos do NodeMCU e a nomenclatura que cada um recebe.

Figura 4 - Descrição dos pinos presentes no NodeMCU ESP-12



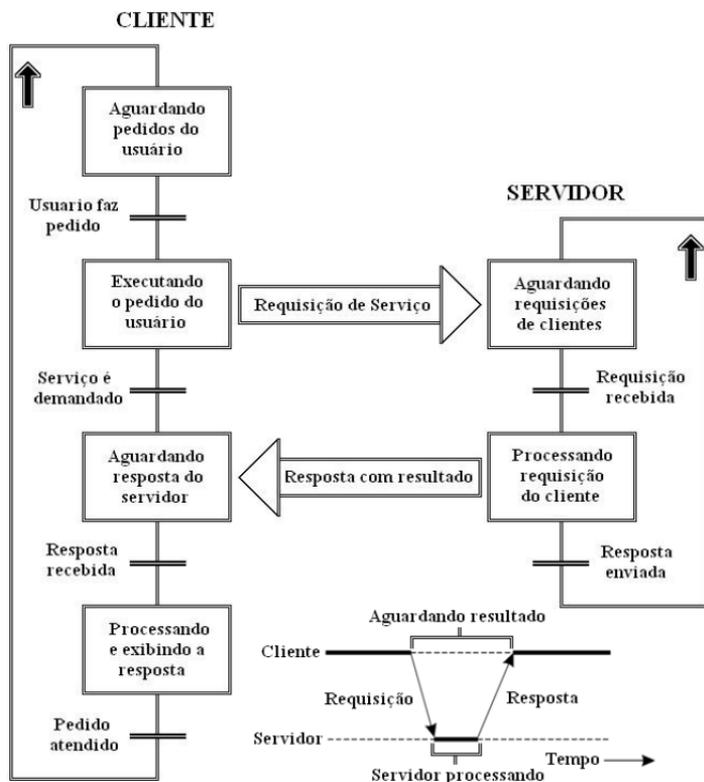
Fonte: Do autor, adaptado de IOT Bytes (2016).

A placa possui com um conversor serial para *universal serial bus (USB)*, conta também com regulador de tensão, que mantém o ESP8266 alimentado com 3,3 V com corrente suficiente para o processador. Para fazer conexões com protoboard, dispõe de pinos com espaçamento padrão para esse fim.

### 2.2.3 Modelo cliente servidor

A arquitetura cliente servidor é mais referenciada quando se trata de sistemas distribuídos. Este modelo trata de duas partes em uma rede, o cliente e um servidor. Geralmente um servidor trabalha de forma passiva, processando as informações e enviando os resultados aos clientes, que tem o papel de operar ativamente, pois é ele quem requisita os serviços ao servidor (COULOURIS; DOLLIMORE *et al.*, 2011). A Figura 5 descreve um fluxograma de processo de solicitação de um cliente a um servidor, onde o servidor fica aguardando a requisição inicial do cliente para iniciar a operar o processamento.

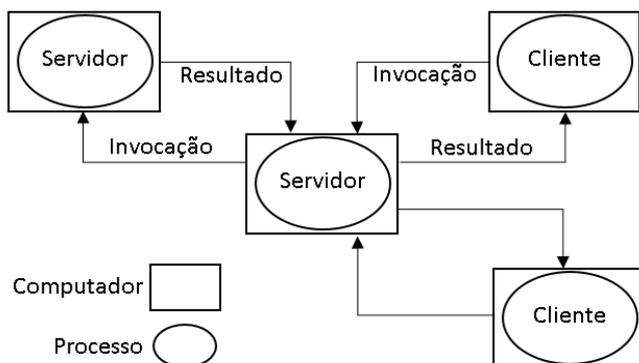
Figura 5 - Diagrama do modelo cliente servidor



Fonte: Do autor, adaptado de TANENBAUM (2007).

O servidor pode também se tornar um cliente na presença de outros servidores. Desse modo as tarefas dentro de uma rede podem ser bem distribuídas entre todos os clientes, que podem ser usuários finais. Essa topologia pode ser vista na Figura 6.

Figura 6 - Servidores no papel de clientes



Fonte: Do autor, adaptado de COULORIS (2006).

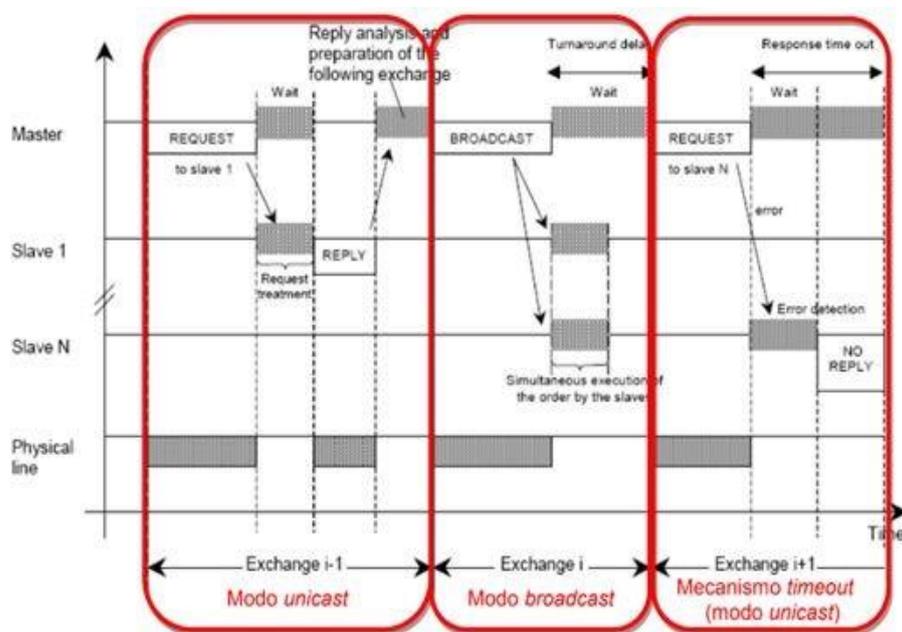
### 2.3 Protocolo *Modbus*

De acordo com *Modbus Organization* (2005), o protocolo *Modbus* foi desenvolvido em 1979 pela empresa Modicon para comunicar os dados entre seus controladores lógicos programáveis. Desde o começo deste protocolo ele possui a especificação aberta e pode ser utilizado por aplicações em vários níveis, desde sensores, atuadores até os supervisórios do sistema. Pela sua simplicidade e robustez é comum encontrar largamente sendo utilizado em redes industriais, além de ser uma alternativa barata para ser utilizada em Automação Industrial e afins (MODBUS-IDA,2006).

O *Modbus* é um protocolo cliente/servidor ou mestre/escravo, ou seja, as unidades clientes enviam mensagens ao servidor com solicitações para que enviem as informações ou sinais a serem gravados nos escravos. Caso o escravo precise enviar dados a outro escravo, este aguarda o mestre para faça um requerimento e então o mestre consiga repassar as informações aos demais escravos.

A implementação é feita em uma rede série, as conexões dos meios físicos normalmente são por *Recommend Standard 232* (RS232) ou *Recommend Standard 485* (RS485), variando as ligações com 2 ou 4 condutores, o *Modbus* permite conexão entre um mestre, que pode ser um *software* supervisório SCADA instalado em um computador, e 247 escravos com 2 tipos de mensagens, *unicast*, mensagem do mestre para um escravo, ou *broadcast*, mensagem de escrita do mestre para todos os escravos da rede. Ao utilizar o modo *unicast* é liberado uma função de *timeout* na qual espera uma resposta por um período determinado. Assim se ocorrer alguma desordem no sistema de comunicação ou no próprio escravo destinatário, essa função irá deixar de esperar uma resposta e avisará a camada superior. Na Figura 7, observamos o fluxo das mensagens da rede *Modbus*.

Figura 7- Tráfego de mensagens na rede Modbus

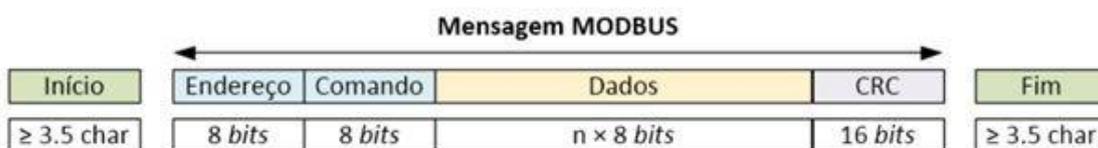


Fonte: Do autor, adaptado de MODBUS-IDA (2006).

Os modos de transmissão do protocolo podem ser *American Standard Code of Information Interchange (ASCII)* ou *Remote Terminal Unit (RTU)*, quando transmitido pelo modo *RTU* a detecção de mensagens ocorre por tempos, entre os caracteres 1,5 vezes o tempo total de um caractere e entre as mensagens 3,5 vezes, já pelo modo *ASCII*, para detecção de início e fim de mensagens são usados caracteres especiais, Sendo mais eficiente o modo *RTU*, pois utiliza menos *bits* de controle.

Pelo modo *RTU* são enviados 8 *bits* de dados por cada *byte* de dados, 1 *bit* de paridade, 1 *start bit* e 1 *stop bit* ou se não for utilizado o *bit* de paridade 2 *stop bits*. Como pode ser visto na Figura 8, tem se a estrutura da mensagem *Modbus*, a verificação de erros do modo *RTU* é feita por *Cyclic Redundancy Check (CRC)* e no modo *ASCII* é efetuada por *Longitudinal Redudancy Check (LRC)*.

Figura 8 - Estrutura mensagem Modbus RTU

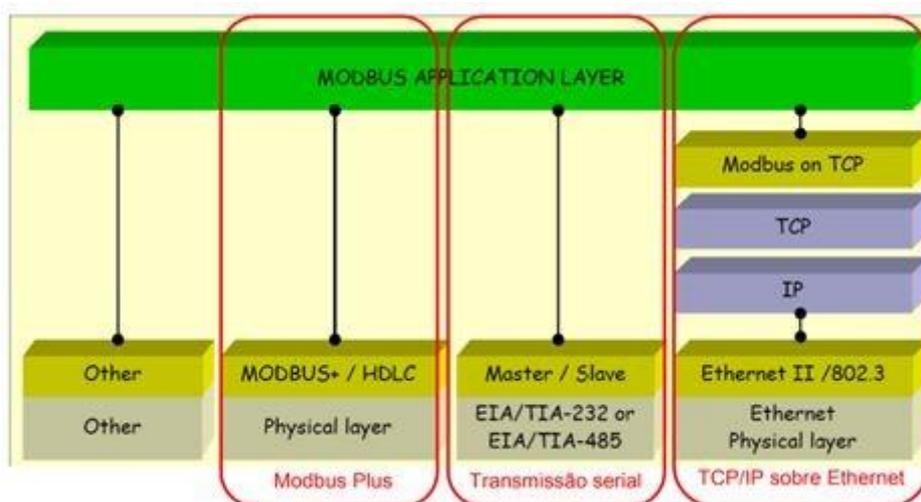


Fonte: MODBUS-IDA (2006).

O *Modbus* é um protocolo de comunicação aberto desenvolvido baseado com as camadas 1,2 e 7 do modelo *Open System Interconnection (OSI)*. É alocado na camada de aplicação do modelo *OSI*, sendo definido pelo modelo cliente/servidor, em que o servidor atua somente quando ocorre uma requisição por parte do cliente. Além de disponibilizar uma interface de comunicação entre unidades conectadas em diferentes arquiteturas de rede. O *Modbus* está, atualmente, implementado utilizando:

- *TCP/IP*: Segundo Information Science Institute (1981) esse modo as informações são encapsuladas em um formato binário de *frames TCP*, empregando o protocolo *Ethernet (IEEE 802.3) (IEEE STANDARD)*. O *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA-CD)* é o controle de acesso utilizado (*IEEE STANDARD*);
- Transmissão serial: Por meio de uma variedade de meios físicos, como fibra óptica, rádio ou condutores. Os principais protocolos operantes no meio físico do tipo condutor são: *EIA/TIA-232-E*, mais conhecido como RS232 (*MODBUS-IDA, 2006*), *EIA-422* popularmente conhecido como RS422 (*MODBUS-IDA, 2006*) ou *EIA/TIA-485-A* também conhecido como RS485 (*MODBUS-IDA, 2006*). Quando por meio da transmissão serial, pode ocorrer variações do protocolo como:
  - *Modbus RTU*: Sendo as informações transmitidas no formato binário de 8 *bits*, qualquer número inteiro entre -32768 até 32767 pode ser descrito por 2 *bytes*;
  - *Modbus ASCII*: Sendo as informações transmitidas em 7 *bits* pelo formato *ASCII*, tornando as mensagens legíveis, porém maiores causando um fluxo intenso na rede.
- *Modbus Plus*: com mais recursos de roteamento, endereçamento, diagnóstico e consistência das informações e uma velocidade considerável de troca de bastão entre as unidades. Mais eficiente e robusto, não é difundido em grande escala por não ser um protocolo aberto e de domínio da Schneider Electric.

A Figura 9 demonstra as camadas do protocolo explicadas anteriormente.

Figura 9 - Estrutura de camadas do protocolo *Modbus*

Fonte: Do autor, adaptado de MODBUS-IDA (2006).

A verificação das mensagens enviadas pela rede é executada por meio de um cálculo denominado *CRC*. Esta verificação é anexada no final da mensagem do protocolo *Modbus* e é feita a verificação pelo equipamento com quem se estabelece a comunicação. O *CRC* por ser muito preciso é sensível a qualquer mudança nos dados, e como todos os *bits* estão presentes no cálculo, a alteração de qualquer *bit* ocasiona uma alteração no *CRC*. Na sequência tem-se um exemplo de comunicação, onde o mestre conversa com o escravo, que está no endereço 17, tendo que ler os registros 108, 109 e 110, a mensagem *Modbus* seria nesse modelo:

Tabela 1 - Requisição do mestre para leitura dos registros do escravo

Endereço	Comando	End. dos registros		Quantidade de registros		<i>CRC</i>
11	03	00	6B	00	03	7E

Fonte: Do autor, adaptado de NETO (2013).

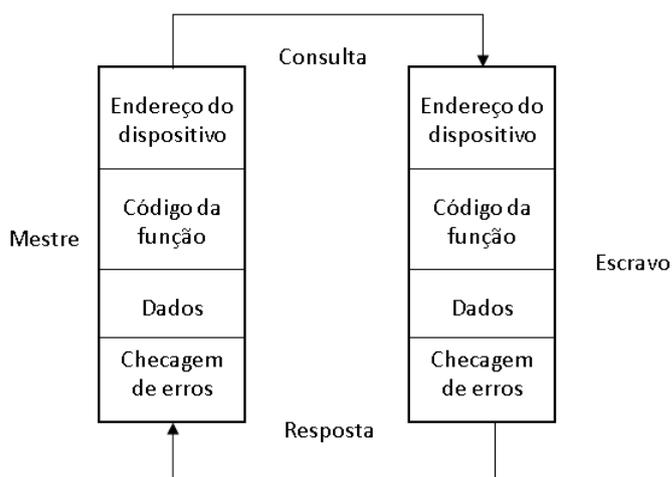
A resposta ao mestre, usando valores simulados, será no seguinte formato:

Tabela 2 - Resposta do escravo ao mestre

Endereço	Comando	Nº bytes	Valor dos registros						CRC
11	03	06	02	2B	00	00	00	64	55

Fonte: Do autor, adaptado de NETO (2013).

O mestre sempre inicia a comunicação requisitando que os escravos enviem os dados. Os escravos, recebem as solicitações do mestre e retornam os dados demandados. Os dados enviados podem ser discretos ou numéricos. Na Figura 10, pode-se constatar como é constituído o quadro de mensagens explicado anteriormente.

Figura 10 - Quadro de mensagens *Modbus*

Fonte: Do autor, adaptado de EMBARCADOS (2014).

## 2.4 Conversor RS232 para Transistor Transistor Logic (TTL)

O Recommended Standard 232, conhecido como RS232, é um padrão criado pela *Electronic Industries Association (EIA)* e ITU V.24/V28. Ele descreve uma simples interface para aparelhos de comunicação de dados. O padrão RS232 possui características de níveis de tensão, conectores, tradução de cada sinal elétrico e também tipos globais de conexões para modem. Os canais ou portas seriais do padrão *Personal Computer (IBM- PC)* seguem o RS232, (STRANGIO, 2006).

No conversor RS232, é utilizado um circuito integrado driver/receptor RS232, o MAX232. Com função fundamental de converter os sinais de entrada RX-TX do RS232 no *receiver* em níveis de tensão *Transistor-Transistor Logic /Complementary Metal Oxide Semiconductor (TTL/CMOS)* de 5 volts e fazer a conversão oposta dos níveis CMOS/TTL em níveis RS232 no driver.

## 2.5 Conversor RS485 para TTL

Originalmente também criado pela *EIA*, o padrão RS485 especifica uma forma distinta de transmissão de sinais. Segundo Davis (2012), a desigualdade de tensão entre os terminais de transmissão de dados é o que delinea o sinal transportado.

A função do circuito de conversão RS485, é de receber e transformar os sinais elétricos RS485 para níveis de tensão do padrão *TTL/CMOS*. O circuito integrado MAX485 faz esse serviço, pois é um *transceiver* que possui três estados capaz de trabalhar com sinais de -7 volts a 12 volts, fora que também é compatível com RS422.

## 2.6 Banco de dados

Para Navathe (2005), banco de dados é um conjunto de dados relacionados. Os dados são acontecimentos que podem ser guardados e que possuem um sentido implícito, por exemplo, valor obtido através da leitura de um sensor, datas, nomes, entre outros. Possuem distintos tamanhos e podem ser variáveis em ligação a sua complexidade. Navathe (2005) afirma ainda que o banco de dados pode ser desenvolvido e condicionado manualmente ou ser automatizado.

## 2.7 Supervisão

O *software* de supervisão, alocado em nível de controle do processo nas redes de comunicação, é o incumbido da aquisição dos dados, que após adquiridos

precisam ser manipulados e convertidos, posteriormente alocados em um banco de dados (REGAZZI; PEREIRA; SILVA JR, 2005).

A importância dos *softwares* de supervisão em qualquer processo automatizado é amplamente conhecida. Normalmente os *softwares* de supervisão são aplicados para monitorar variáveis de processo, gerir alarmes e arquivos de dados. Tendo a interface automatizada de um sistema com operadores é a função principal da supervisão. Segundo Amy (1992), os sistemas desta natureza são designados com a palavra SCADA (DANEELS; SALTER, 1999).

O SCADA é um sistema de controle distribuído formado por um conjunto de *softwares* instalados em uma unidade local principal *Master Terminal Unit (MTU)* designado ao controle de processos distribuídos por meio da coleta de dados dos controladores locais *RTU*, executando o gerenciamento, análise e alojamento das informações coletadas, dentre outros, proporcionando desta forma, em um sistema de automação, um controle de alto nível por comandos programados ou manuais através de um painel de interação, sendo *Human Machine Interface (HMI)* ou *software* computacional (CLARKE; REYNDERS; WRIGHT, 2004 ).

Os dados adquiridos podem ser manipulados de modo a gerar valores para parâmetros de controle como "*set-point*". Os dados são armazenados em arquivos de dados padronizados. Estes arquivos poderão ser acessados por programas de usuários para realização de cálculos. Alterações de parâmetros e dos seus valores.

O *software* supervisor é visto como o conjunto de programas gerados e configurados no *software* básico de supervisão, implantadas as estratégias de controle e supervisão, as telas gráficas de interface homem-máquina, a aquisição e tratamento de dados do processo, a gerência de relatórios e alarmes. (REGAZZI; PEREIRA; SILVA JR, (2006, p. 17).

De acordo com Boyer (2010) é possível acompanhar o verdadeiro estado do sistema por meio de um conjunto de relatórios e gráficos, auxiliando na tomada de decisões tanto pelo operador como pelo próprio *software* por meio de sua pré programação. Esses sistemas são aplicados na gerência de vários processos, principalmente por empresas, pois pelos dados obtidos na tela, é viável mensurar o desempenho da produção ou sistema monitorado e identificar rapidamente qualquer avaria no sistema.

Geralmente, em grande parte os sistemas supervisorios permitem a conexão com vários protocolos e equipamentos, podendo ser aplicado em sistemas locais ou

geograficamente distribuídos. Tem como principais objetivos melhorar a conectividade, confiabilidade e flexibilidade e possuem muitas ferramentas divididas em blocos e módulos, os blocos se comunicam a fim de possibilitar que as informações sejam apresentadas na tela gráfica, dando ao operador possibilidade de executar operações necessárias para que o processo se mantenha seguro.

Os sistemas SCADA podem adquirir informações do processo e salvá-las em algum banco de dados definido, e estas informações podem ser disponibilizadas a sistemas *Enterprise Resource Planning (ERP)*, *Manufacturing Execution System (MES)*, ou qualquer outro sistema. Também podem enviar informações em tempo real para sistemas de cálculos *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, ou sistemas *Shop Floor Control (SFC)* (BOYER, 2010).

## 2.8 Grupo gerador

Um grupo motor gerador (GMG) é uma mescla que agrega um motor diesel com um gerador síncrono, também conhecido como alternador, que gera correntes e tensões alternadas. Sua finalidade é fornecer energia elétrica para operar de forma autônoma ou em ligação paralela com a rede convencional de energia elétrica da concessionária, por meio do uso de óleo diesel como combustível (CHAPMAN, 2013).

Grupo moto gerador (GMG) consiste em um motor diesel acoplado a um alternador síncrono trifásico, montado sobre uma base comum. Esta Norma estabelece os requisitos mínimos a que devem satisfazer os GMG para a área de telecomunicações, mas também pode ser usada em outras áreas que precisam utilizar esses equipamentos. Esta Norma aplica-se às instalações ou sistemas que requeiram fornecimento de energia em corrente alternada trifásica, frequência e tensão adequadas nos regimes de emergência, auxiliar, principal e básica. Regime de emergência: Quando o gerador é usado na falta de energia da rede comercial, operam com cargas variáveis e por períodos inferiores a 300h/ano.

**Regime auxiliar:** Quando o gerador é usado por períodos superiores a 300h/ano e inferiores a 1000h/ano, usados principalmente em horários de ponta onde a energia tem um custo mais elevado.

**Regime principal:** Quando o gerador é usado por um período ilimitado de tempo e com cargas variáveis.

**Regime básico:** Quando o gerador é usado por um período ilimitado de tempo e com cargas constantes.

Segundo a Norma NBR uma das principais características do grupo moto gerador é que o alternador forneça energia na frequência de 60Hz com as seguintes variações:

- a) Com reguladores mecânicos:  $\pm 4,0\%$  (57,6 Hz a 62,4 Hz);
- b) Com reguladores eletrônicos:  $\pm 1,0\%$  (59,4 Hz a 60,6 Hz).

O GMG deve manter a tensão e frequência dentro das faixas especificadas, mesmo que haja desequilíbrio de carga máxima de até 15% entre fases (NBR 14664, 2001).

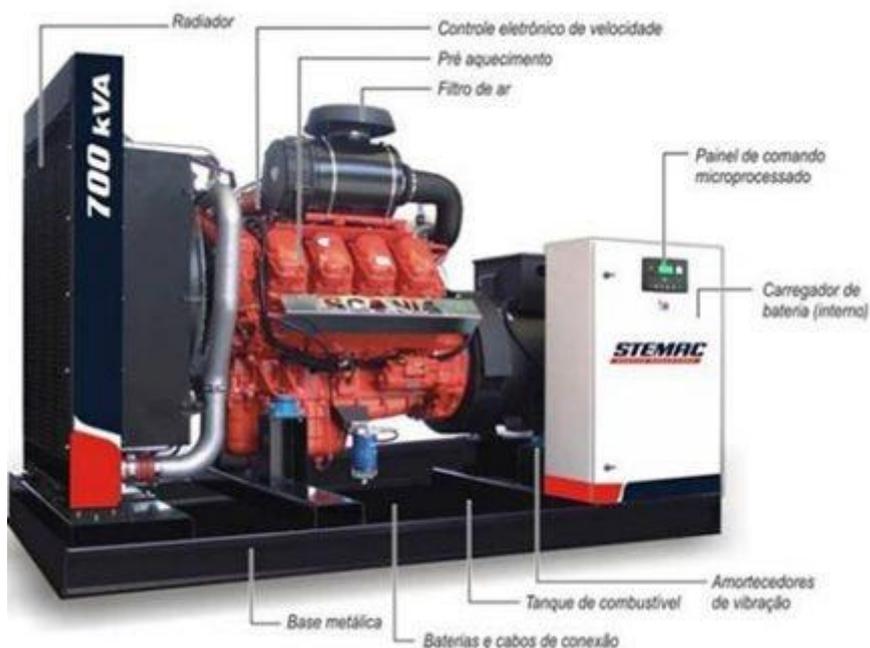
Os sistemas de geração com geradores, podem ser classificados como *standby*, contínuo ou *prime*, dependendo de como ele será destinado para entregar a energia produzida e como a carga aplicada irá se comportar, sendo fundamental ter o levantamento total de consumo a ser atendido. Quando é conectada uma carga, imediatamente ocorre uma queda de tensão, a estabilização do gerador, neste momento, ocorre pela ação do regulador de tensão que aumenta a corrente de campo e a volta da tensão nominal entre 1 e 10 segundos (CUMMINS, 2015).

Um grupo gerador deve ser controlado através de uma unidade eletrônica de comando, esse gerenciamento é feito por meio da unidade de supervisão de corrente alternada, também conhecida como USCA (NBR 14664, 2001)

A principal diferença entre a energia consumida de um grupo gerador e a proveniente da concessionária se dá quando conectada uma carga subitamente. A rede elétrica da distribuidora, normalmente, não ocorre variação de frequência, mas quando conectada a um gerador, ocorre uma redução na velocidade de rotação do eixo e, posteriormente, a frequência do GMG é reduzida. Porém a máquina deve detectar esta variação e reajustar a taxa de admissão de seu combustível para que se adapte à sua nova carga consumidora (CUMMINS, 2015).

Na Figura 11 tem se um equipamento projetado pela Stemac e montado sobre uma estrutura leve que pode ser transportada facilmente.

Figura 11 - Grupo gerador diesel fabricado pela Stemac



Fonte: STEMAC (2018).

Os grupos geradores são compostos por motores diesel de reconhecida performance, acoplados a geradores de alta eficiência e montados sobre base metálica, com acionamento automático ou manual. Projetados para aplicações nos regimes de emergência, horário de ponta ou serviço contínuo. Disponíveis nas versões carenados e silenciados, tanto em unidades móveis como estacionárias. Seus principais acessórios inclusos são: tanque de combustível, bateria de partida, amortecedores de vibração, silenciadores e segmentos elásticos para gases de descarga (STEMAC,2018).

### **3 DESENVOLVIMENTO**

O desígnio deste trabalho foi originar um sistema de supervisão remota, que estabeleça comunicação entre a unidade eletrônica de comando de um grupo gerador de energia elétrica, com um programa de supervisão SCADA, denominado *Just Trust Supervisory*. Para tal, os segmentos desse capítulo denotam as fases do desenvolvimento do *hardware* e dos *softwares* que galardoam esta proposta.

#### **3.1 Visão geral do sistema**

Seja qual for a instalação elétrica que possui GMG como fonte principal ou complementar e este deve assegurar a entrega garantida da energia necessária. A supervisão remota se faz elemento essencial para os usuários terem disponíveis as informações imediatas da máquina monitorada. E em qualquer aplicação que se espera eficiência, economia além de uma tomada rápida de decisão caso venha ocorrer qualquer anomalia do grupo gerador.

Tendo em vista que a mão de obra qualificada para o setor de monitoramento e manutenção de GMG está cada vez mais escassa e isso acarreta o aumento do valor cobrado por esses profissionais. A supervisão acaba por suprir a demanda de mais técnicos nesta área, pois com apenas um número mínimo de profissionais, muitas vezes apenas um capacitado, estando a frente do sistema de supervisão, eles serão capazes de tomar as decisões corretamente por meio dos dados visualizados na tela de supervisão e desse modo informarem ao usuário qual medida a ser tomada.

Caso venha a ocorrer algum equívoco na hora de utilizar o GMG ou caso ocorra algum problema mais agravante, poderão se locomover até o local onde está sendo operado o gerador.

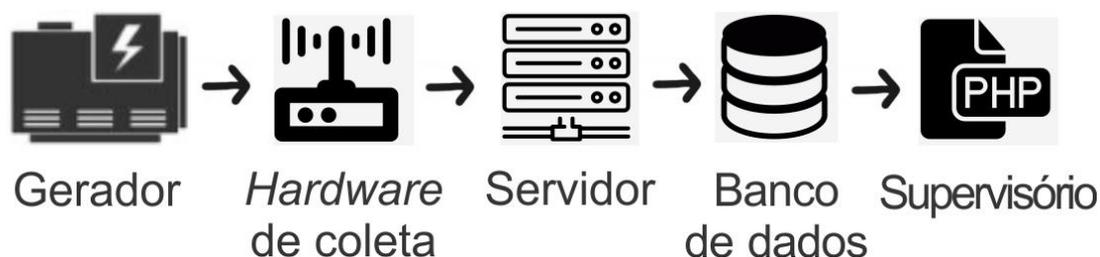
É do conhecimento de todos os usuários de grupos geradores que cada fabricante possui um sistema similar ao proposto neste trabalho, porém o custo deles é muito elevado e podendo apenas ser utilizado com os GMG do mesmo desenvolvedor. Como existem diferentes marcas e modelos no mercado, algumas empresas acabam adquirindo geradores de diversas empresas o que impossibilita ter um sistema de cada fabricante, muitas vezes, para apenas um gerador dentre o montante de geradores que possui.

Partindo do princípio discutido anteriormente, o sistema proposto tende a atender todas as marcas do mercado com apenas um sistema de monitoramento, e podendo ser adicionado os fabricantes que não estiverem em um primeiro momento no banco de dados do sistema, pois a maioria das máquinas geradoras, independente do fabricante, possui como padrão a comunicação, com o qualquer equipamento externo, o protocolo *Modbus*, que é o utilizado neste trabalho.

Neste projeto foi implementado um sistema de supervisão remota de geradores com ênfase nos grupos geradores de energia e a transmissão das informações concebidas durante a operação dos grupos via *IEEE 802.11*, que é um padrão de rede sem fio, por meio de comandos gravados no microcontrolador a um servidor *TCP/IP*, em que essas informações são armazenadas para que possam ser acessadas e gerenciadas por meio da *Internet* através de qualquer dispositivo conectado.

A arquitetura utilizada neste projeto é fundamentada na teoria de sistemas distribuídos, seguindo padrões que melhoram o desempenho por meio do posicionamento e relacionamento dos elementos que fazem parte deste sistema, atendendo as necessidades presentes e proporcionando uma expansão segura, caso seja necessário no futuro. O sistema caso não for planejado de forma adequada pode, após ocorrer uma falha em qualquer nó da rede ocasionar a não entrega das informações aos nós seguintes. Na Figura 12, podemos ver uma ilustração do sistema.

Figura 12 - Ilustração do sistema



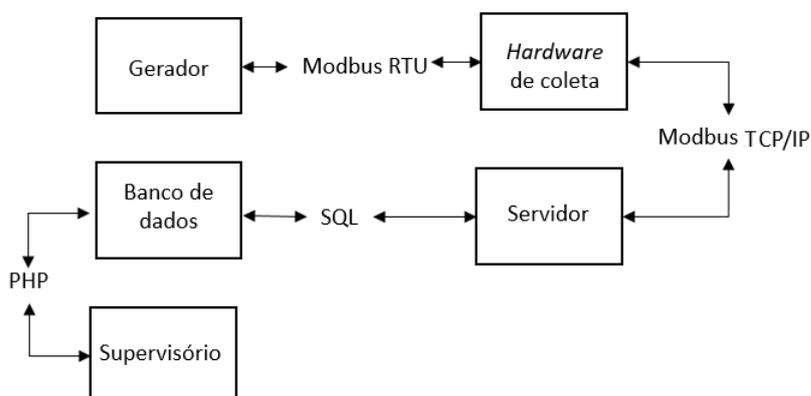
Fonte: Autor, 2019.

As principais informações das grandezas mecânicas e elétricas geradas pelos sensores internos do gerador, como, tensão da bateria, nível de combustível, temperatura da água, tensão e corrente geradas em cada fase, além de outros dados descritos como importantes pelo operador e necessários para o funcionamento ininterrupto da máquina, quando em funcionamento, são enviadas para o controlador fixado junto ao painel de comando microprocessado do gerador, via protocolo *Controller Area Network (CAN)*.

Após esses dados são arrecadados pelo *hardware* de coleta por meio do protocolo *Modbus RTU* e transmitidas pelo NodeMCU, interligando o controlador ao servidor, criando um canal serial transparente até o servidor via protocolo *Modbus TCP/IP*. O servidor, por sua vez, abrirá uma porta *TCP* e permanecerá “ouvindo”, até alguma estação se conectar. O servidor remoto, por sua vez, aloca essas informações em um banco de dados, possibilitando consultadas pelos usuários em uma interface *Web*, demonstrando os dados gerados pela máquina.

Como pode ser visto na Figura 13, o microcontrolador acoplado ao gerador tem o papel de encaminhar os pacotes de dados à rede local, por meio do protocolo *TCP/IP*. Interiormente neste protocolo os dados irão ser encapsulados pelo microcontrolador. A rede local de posse deste *frame* de dados o retransmite via *Internet* até o servidor, que contém um *IP* fixo conhecido. Por sua vez o servidor analisa os dados e os aloca no banco de dados para que as informações sejam acompanhadas na tela do supervisório pelos usuários.

Figura 13 - Comunicação feita entre os nós presentes no sistema



Fonte: Autor, 2019.

### 3.1.1 Gerador

O gerador utilizado neste trabalho foi um Stemac automático, com controlador Deep Sea DSE7420. O qual fornece energia para uma carga crítica da Universidade do Vale do Taquari - Univates quando ocorre falha ou falta de energia pela distribuidora. Com potência de 55 kilovoltampere (kVA), mas com operação regular de 32 kVA. Na Figura 14, pode-se ver o gerador utilizado.

Figura 14 - Grupo gerador Stemac utilizado



Fonte: Autor, 2019.

O GMG possui motor a diesel com Injeção direta, refrigerado a água, 4 tempos, motor de partida, com alternador para carga de bateria e com regulador de velocidade. Conta ainda com gerador síncrono, trifásico, ligação estrela com neutro acessível, sistema *brushless*, passo encurtado, 4 polos, regulador de tensão eletrônico, isolamento classe H<sup>1</sup>, retificador eletrônico automático utilizado na bateria de partida.

Possui modos de operação automático ou manual, caso ocorra falha ou falta da concessionária a partida é feita de forma automática, e graças à inclusão de resistências de pré-aquecimento com bombas, a água presente no motor é mantida a uma temperatura de no mínimo 40 graus Celsius (°C), permitindo o início do grupo gerador dentro de 10 segundos após uma falta na rede, com o motor operando em 100% de sua capacidade.

Conta ainda com um controlador microprocessado DSE7420, que pode ser visto na Figura 15.

Figura 15 - Unidade de controle DSE7420



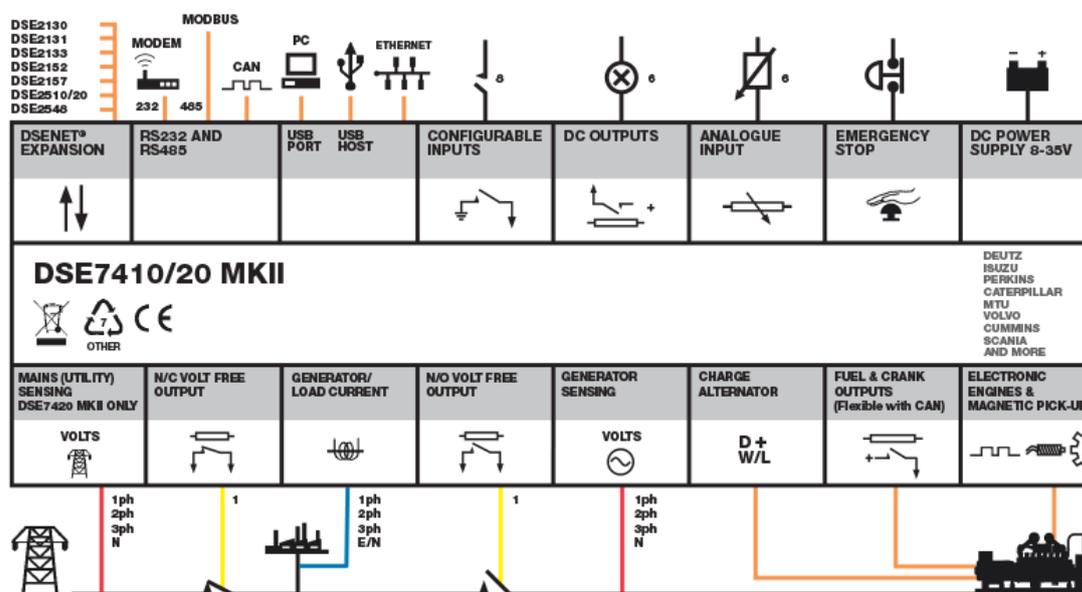
Fonte: Autor, 2019.

---

<sup>1</sup> Indica que a temperatura máxima do material que é feito o isolamento da máquina elétrica suporta 180 °C sem perder as suas características.

Este controlador faz o monitoramento da rede da concessionária, transferência automática de carga entre a rede e o gerador, disponibiliza os dados do gerador, rede externa, motor, status e alarmes no *display* de cristal líquido (LCD). Apresenta o sinótico unifilar da rede, gerador e carga por meio de Diodos Emissores de Luz (LEDs), que também são utilizados para indicar seu modo de operação. Permite expansão de entradas e saídas. Comunicação *CAN*, *Modbus RTU* e *Modbus TCP/IP* via *Ethernet*. Na Figura 16, pode-se ver os recursos deste controlador.

Figura 16 - Recursos do controlador DSE7420



Fonte: DEEP SEA, 2019.

O controlador suporta o protocolo *Modbus*, para comunicação com interfaces seriais RS232 ou RS485, por meio do padrão *Modbus RTU*. Não suporta *Modbus ASCII*, *DANIEL*, *ENRON* ou outras implementações *Modbus*. Aceita a faixa de endereços *Modbus* completa (0-65535 decimal, 0000-FFFF hexadecimal), portanto, para endereçar cada registro no módulo DSE, o sistema *Modbus* servidor suporta esse intervalo de endereços. Todos os registros DSE *Modbus* são classificados como *Holding Registers*. Eles só podem ser lidos usando código de função do *Modbus 3* (*Read Multiple Registers*). A escrita em registradores não é permitida.

Os registros são divididos em 256 páginas, cada uma contendo até 256 registradores, o endereço real do registrador é obtido a partir da equação:

$$\text{Endereço do registro} = \text{número da página} * 256 + \text{offset} \quad (1)$$

Na Figura 17, pode-se ver a página 4 de registros *Modbus* do controlador. Alguns dos registros lidos pelo mestre e apresentados no supervisório estão nesta tabela, como combustível, sendo representado pelo *fuel level*, no registrador 3. Também frequência do gerador no registrador 7, tensões de fase a partir do registrado 8 até o 13, e por fim a corrente consumida pelas cargas conectadas a cada fase, nos registros 20 até 25.

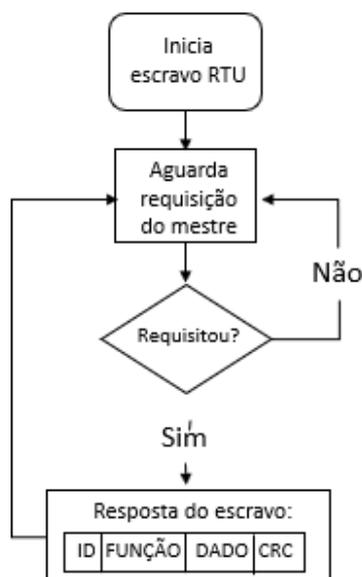
Figura 17 - Página 4 de registros do controlador

Register offset	Name	Minimum value	Maximum value	Scaling factor	Units	Bits/ sign
0	Oil pressure	0	10000	1	Kpa	16
1	Coolant temperature	-50	200	1	Degrees C	16 S
2	Oil temperature	-50	200	1	Degrees C	16 S
3	Fuel level	0	130	1	%	16
4	Charge alternator voltage	0	40	0.1	V	16
5	Engine Battery voltage	0	40	0.1	V	16
6	Engine speed	0	6000	1	RPM	16
7	Generator frequency	0	70	0.1	Hz	16
8-9	Generator L1-N voltage	0	18,000	0.1	V	32
10-11	Generator L2-N voltage	0	18,000	0.1	V	32
12-13	Generator L3-N voltage	0	18,000	0.1	V	32
14-15	Generator L1-L2 voltage	0	30,000	0.1	V	32
16-17	Generator L2-L3 voltage	0	30,000	0.1	V	32
18-19	Generator L3-L1 voltage	0	30,000	0.1	V	32
20-21	Generator L1 current	0	99,999.9	0.1	A	32
22-23	Generator L2 current	0	99,999.9	0.1	A	32
24-25	Generator L3 current	0	99,999.9	0.1	A	32
26-27	Generator earth current	0	99,999.9	0.1	A	32
28-29	Generator L1 watts	-99,999,999	99,999,999	1	W	32 S
30-31	Generator L2 watts	-99,999,999	99,999,999	1	W	32 S
32-33	Generator L3 watts	-99,999,999	99,999,999	1	W	32 S
34	Generator current lag/lead	-180	+180	1	degrees	16 S
35	Mains frequency	0	70	0.1	Hz	16
36-37	Mains L1-N voltage	0	18,000	0.1	V	32

Fonte: Do autor, adaptado de DEEP SEA (2019).

Na Figura 18, é apresentado o fluxograma de como ocorre a comunicação entre o gerador e o *hardware* de coleta, por meio do padrão *Modbus RTU*. No qual o gerador é escravo da rede e aguarda uma requisição do mestre. Ao receber a requisição, retorna uma mensagem com os dados solicitados.

Figura 18 - Fluxograma de comunicação *Modbus* do gerador



Fonte: Autor, 2019.

### 3.1.2 Hardware de coleta

O *hardware* conectado ao GMG, pode ser visto na Figura 19, ele faz a coleta dos dados, conta com um microcontrolador, um módulo RS232, um módulo RS485, um módulo *USB*, um conversor de tensão e um micro *USB* para programação do microcontrolador e permite conexão com redes *IEEE* 802.11. O *hardware* possui múltiplos tipos de conexão com o barramento externo, sendo eles no formato RS485, RS232 e *USB*. O que permite a coleta dos dados por meio do padrão serial *Modbus RTU* da unidade de supervisão do gerador, e posteriormente a conversão para o padrão *Modbus TCP/IP*, que será utilizada para comunicação com o servidor.

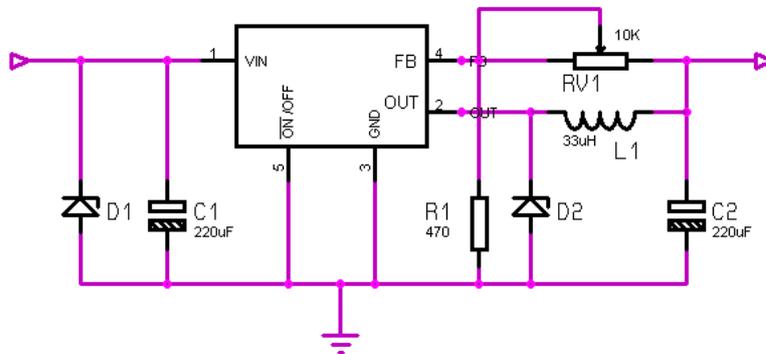
Figura 19 - *Hardware* de coleta



Fonte: Autor, 2019.

O *hardware* é alimentado pela bateria do gerador, a qual utiliza tensão contínua de trabalho de 24 V. Já que os componentes desse *hardware* operam com uma tensão contínua de 5 V, o equipamento de coleta conta com conversor buck (abaixador de tensão). Este meio de reduzir a tensão é desenvolvido com base no circuito integrado LM2596, que diminui a tensão de 24 V para 5 V, alimentando os componentes, na Figura 20, pode-se ver o esquemático do circuito utilizado.

Figura 20 - Circuito regulador de tensão com LM2596



Fonte: Autor, 2019.

Para que o microcontrolador e a unidade controladora do gerador possam operar nos mesmos níveis de tensão tanto para os sinais emitidos quanto para os recebidos. O *hardware* conta com três módulos de conversão, mas utiliza apenas um durante a operação, que pode ser escolhido dependendo da disponibilidade de conexão no gerador. Primeiramente possui um conversor RS232 para *TTL*, que se faz presente durante conexão ponto a ponto entre o *hardware* e o barramento, como pode ser visto na Figura 21.

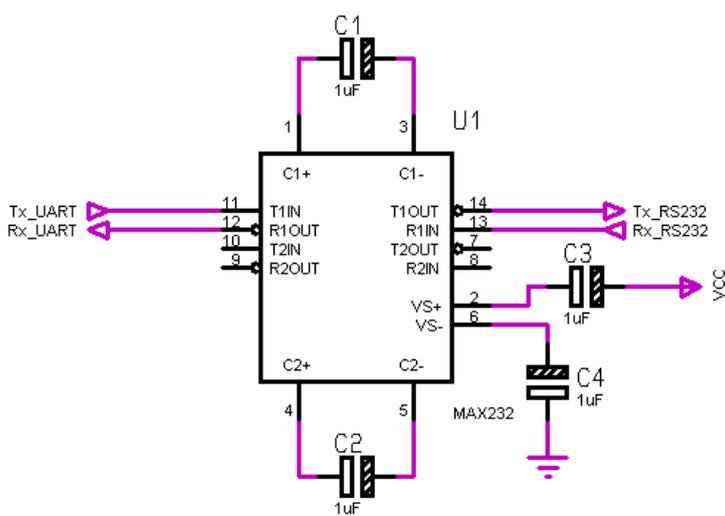
Figura 21 - *Hardware* de coleta conectado ao barramento via RS232



Fonte: Autor, 2019.

Como disposto na Figura 21, pode-se ver o equipamento conectado ao barramento *Modbus RTU* pela interface de entrada disponível para o padrão RS232 e sendo alimentado por uma fonte externa. O esquemático do módulo de conversão RS232 é demonstrado na Figura 22.

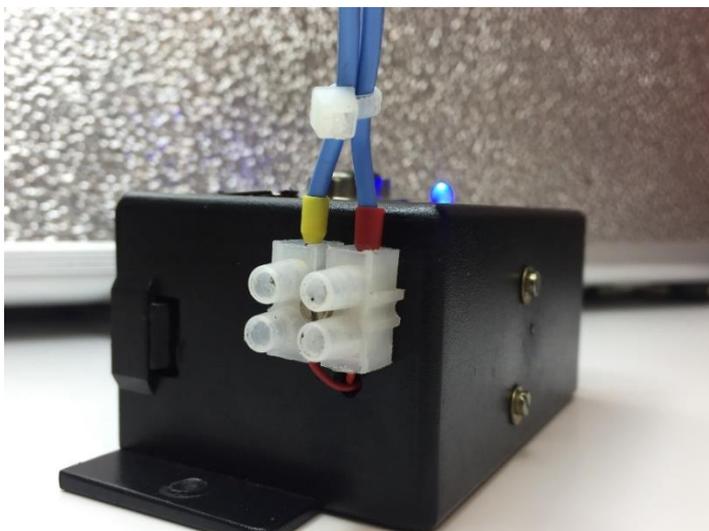
Figura 22 - Esquemático do módulo conversor RS232 - TTL



Fonte: Autor, 2019.

O *hardware* conta ainda com um conversor RS485 para *TTL*. Sendo utilizado quando se faz necessário controlar vários equipamentos com apenas um canal de transmissão de dados, sem ser afetado por interferências eletromagnéticas por fazer uso de sinais diferenciais. Pode ser utilizado quando se tem um ou mais geradores ligados na rede *Modbus RTU*, por usar apenas um cabo de 2 fios e aceitando distâncias consideráveis, fazendo se essencial para comunicação com escravos remotos. A conexão do equipamento com o barramento pode ser vista na Figura 23.

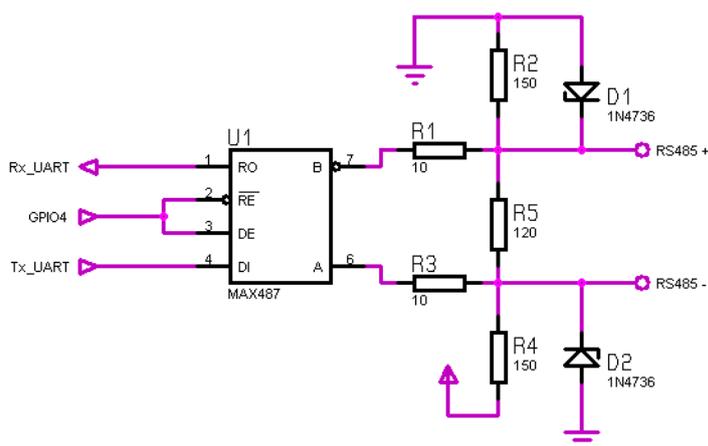
Figura 23 - *Hardware* de coleta conectado ao barramento via RS485



Fonte: Autor, 2019.

Podemos ver na Figura 23, o equipamento sendo alimentado por uma fonte externa, indicado pelo LED azul, e conectado ao barramento *Modbus RTU* pela interface padrão RS485. O esquemático do módulo de conversão RS485 é demonstrado na Figura 24.

Figura 24 - Esquemático do módulo conversor RS485 - *TTL*



Fonte: Autor, 2019

Por fim, a conexão com o barramento *Modbus*, pode ser feita com um cabo *USB*, como pode ser visto na Figura 25. O equipamento de coleta conta com o último módulo de conversão descrito neste trabalho, o conversor *USB* para *TTL*. O módulo é utilizado

para comunicação entre a unidade controladora do gerador e o dispositivo microcontrolado, via interface *USB*-serial.

Figura 25 - Conexão com barramento *Modbus* via *USB*



Fonte: Autor, 2019.

A entrada *USB* do *hardware*, pode ser usada também para programar o microcontrolador. Na Figura 26, tem se o esquemático do módulo utilizado no projeto.



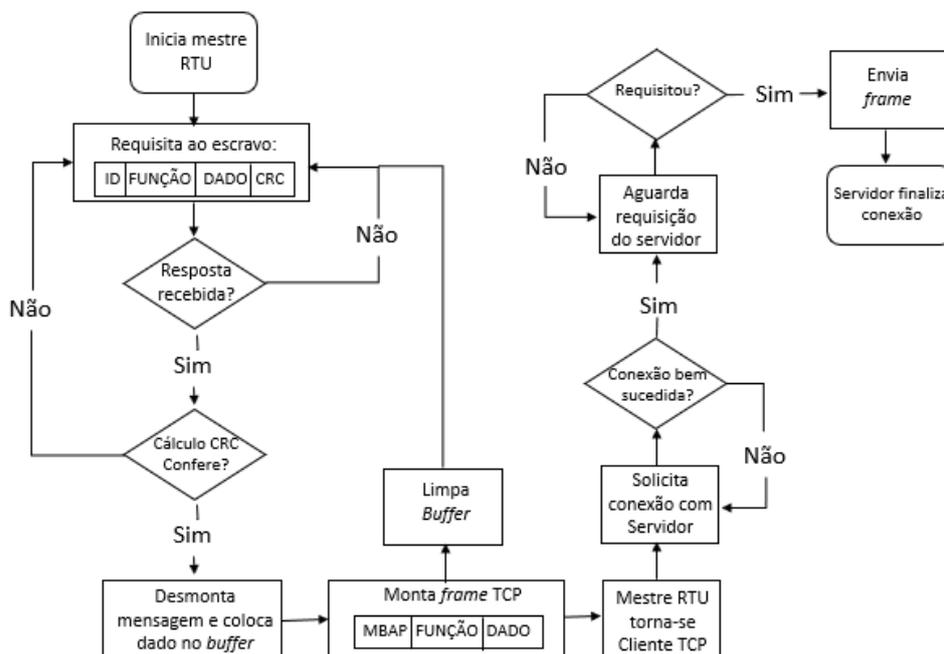
Figura 27 - Conexão do *hardware* de coleta ao *notebook*



Fonte: Autor, 2019.

O microcontrolador, por ter uma arquitetura mais familiar e com capacidade de processamento que atende a necessidade para analisar o sinal do módulo de recepção do projeto, examina a conexão com a rede *IEEE 802.11*, assim abrindo a conexão com o servidor via *Internet*. Onde caberá a ele em um primeiro momento ser o mestre da rede *Modbus RTU*, onde ele requisita os dados do escravo, que neste momento é a unidade de controle do gerador.

As próximas etapas são a conexão com o servidor e preparação do *socket* com as mensagens no padrão *Modbus TCP/IP*. Após o microcontrolador se torna o cliente da conexão *Modbus TCP/IP* com o servidor. Nesta etapa o microcontrolador converte o protocolo *Modbus RTU* em *Modbus TCP/IP* e envia os dados para o servidor a cada requisição, como pode ser visto na Figura 28.

Figura 28 - Fluxograma de trabalho do *hardware* de coleta

Fonte: Autor, 2019.

Após o pedido do pacote e recebimento da mensagem pelo servidor, é solicitado o fim da conexão por ele, a comunicação se encerra a cada pacote recebido. E os dados enviados pelo cliente são armazenados no banco de dados, para que em seguida, possam ser acompanhados pela tela do supervisor.

### 3.1.3 Servidor Modbus TCP/IP

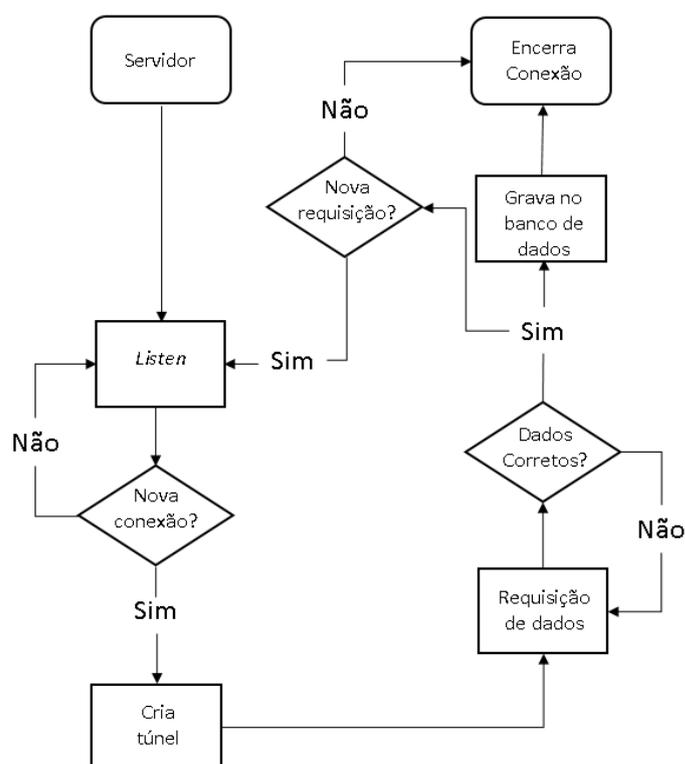
Os dados do GMG serão enviados para um computador com *IP* fixo, que faz o papel de servidor de dados para a rede local criada, e conta com o *software* do banco de dados e o programa de supervisão. Este, por sua vez, disponibiliza os dados via *Ethernet* para os usuários conectados e com acesso a ele.

O servidor realiza funções básicas como, permanece em atividade esperando (*listening*) a requisição em sua porta, sendo possível ter múltiplas conexões, no momento que isso ocorre, uma instância dele cria um túnel para conexão do servidor *TCP* com o cliente.

São utilizados *Sockets* para estabelecer comunicação entre os dispositivos que compõem o projeto, já que não pode ocorrer a ligação diretamente dos equipamentos ao servidor. *Socket* é uma troca constante de informações entre um algoritmo cliente e um algoritmo servidor presente em uma rede. Cada *Socket* contém um endereço que é constituído por um *IP host* e uma porta.

Na Figura 29, pode-se ver o fluxograma de como ocorre a troca das mensagens entre o *hardware* de coleta e o servidor, por meio de *Sockets* que conterá as mensagens convertidas do padrão *Modbus RTU* em *Modbus TCP/IP*.

Figura 29 - Fluxograma de trabalho do servidor



Fonte: Autor, 2019.

Lembrando que a conexão do servidor é encerrada a cada pacote recebido, e logo após, é reestabelecida para requisição e recebimento da mensagem, caso necessário. A comunicação sempre inicia por parte do *hardware* de coleta, como pode ser visto na Figura 28 anteriormente.

### 3.1.4 Banco de dados

Ao receber os dados, o servidor faz a verificação do *CRC* do pacote enviado pelo *hardware* de coleta e caso esteja conforme, repassa as informações para o banco de dados MySQL e indica os valores na tela do supervisor, que fica disponível via *Internet*, podendo ser acessado de qualquer dispositivo com acesso à rede.

Os dados, são armazenados no banco de dados que está instalado na mesma máquina onde se encontra o servidor e o *software* supervisor. Na Figura 30, podemos ver o diagrama conceitual de como foi constituído o banco de dados.

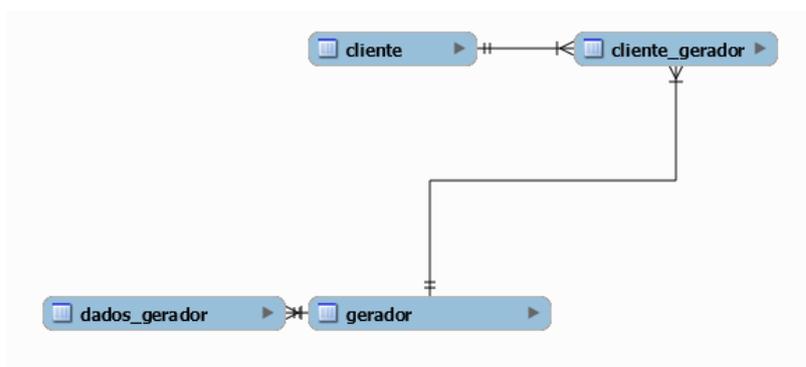
Figura 30 - Diagrama conceitual do banco de dados



Fonte: Autor, 2019.

Pelo diagrama demonstrado na Figura 30, pode-se ver as principais tabelas criadas. Cada cliente pode monitorar inúmeros geradores, e os geradores podem ser vinculados a múltiplos usuários. Partindo do diagrama conceitual, tem-se o diagrama lógico, que pode ser visto na Figura 31. Nela vemos as principais tabelas criadas para melhor organização da estrutura de dados do banco, facilitando assim a consulta pelo supervisor desenvolvido na linguagem PHP.

Figura 31 - Diagrama lógico do banco de dados

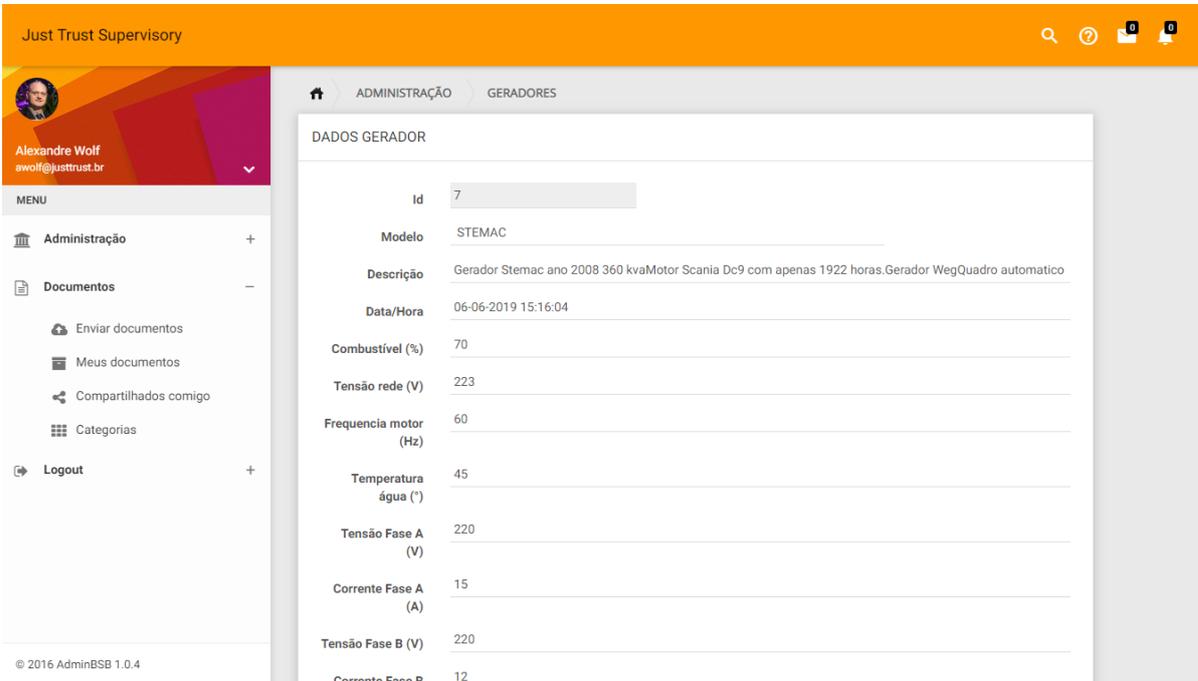


Fonte: Autor, 2019.

### 3.1.5 Supervisório

No supervisório está a parte visual do sistema, por meio dele o usuário tem acesso aos dados disponibilizados pelo gerador, ao qual deseja, como pode ser visto na Figura 32. O usuário também pode cadastrar geradores e adicionar documentos. As telas do supervisório foram desenvolvidas em PHP e o sistema está hospedado na mesma máquina onde se encontram o servidor e o banco de dados.

Figura 32 - Tela principal do supervisório com dados

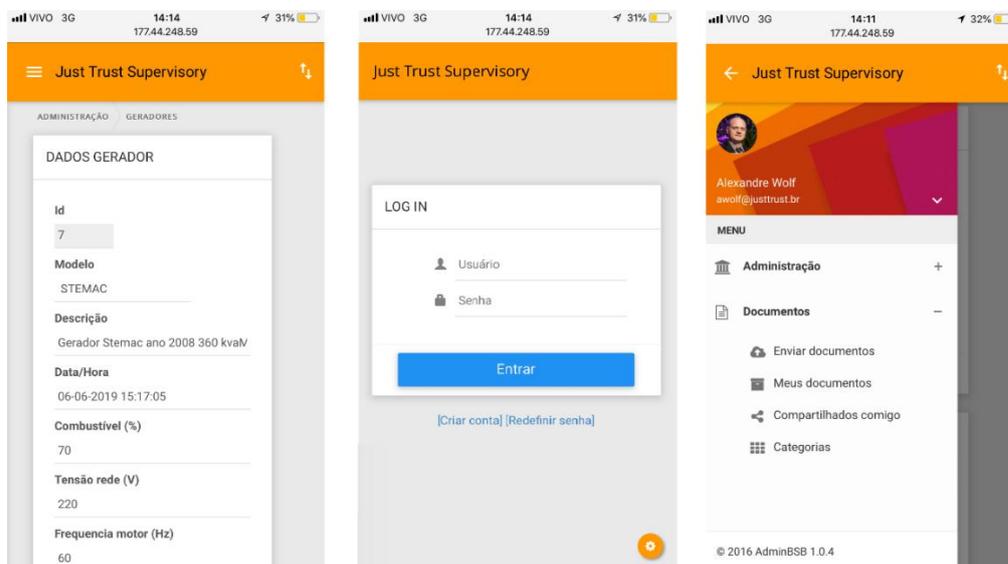


The screenshot displays the 'Just Trust Supervisory' web application. The interface is divided into a left sidebar menu and a main content area. The sidebar menu includes options for 'Administração', 'Documentos', 'Enviar documentos', 'Meus documentos', 'Compartilhados comigo', 'Categorias', and 'Logout'. The main content area shows the 'DADOS GERADOR' (Generator Data) for a specific generator with ID 7. The data includes the model 'STEMAC', a detailed description, the date and time of the reading (06-06-2019 15:16:04), and various operational parameters such as fuel percentage (70%), network voltage (223V), motor frequency (60 Hz), water temperature (45°C), and phase voltages and currents (Phase A: 220V, 15A; Phase B: 220V, 12A).

Id	7
Modelo	STEMAC
Descrição	Gerador Stemac ano 2008 360 kvaMotor Scania Dc9 com apenas 1922 horas.Gerador WegQuadro automatico
Data/Hora	06-06-2019 15:16:04
Combustível (%)	70
Tensão rede (V)	223
Frequencia motor (Hz)	60
Temperatura água (°)	45
Tensão Fase A (V)	220
Corrente Fase A (A)	15
Tensão Fase B (V)	220
Corrente Fase B	12

Fonte: Autor, 2019.

O supervisório é responsivo, isto significa que, a página *Web* automaticamente se enquadra no dispositivo do usuário. Na Figura 33, pode-se ver a tela principal, a de *login*, assim como barra de menus do supervisório sendo acessada pelo *smartphone*.

Figura 33 - Telas do supervisor vistas por um *smartphone*

Fonte: Autor, 2019.

Se o usuário não estiver ingressado ao sistema, ele pode criar sua conta de acesso, clicando em “criar conta”, onde é direcionado a página de cadastro, como mostrado na Figura 34. Para se cadastrar é exigido os dados de *login*, nome, *e-mail*, senha e confirmação de senha.

Figura 34 - Tela de cadastro para novos usuários

The screenshot shows the 'CADASTRO DE USUÁRIO' (User Registration) form. It features five input fields labeled 'Login', 'Nome', 'Email', 'Senha', and 'Confirma senha'. At the bottom left, there are 'Salvar' and 'Limpar' buttons. At the bottom center, there are links for '[Criar conta]' and '[Redefinir senha]'. The form is set against a light gray background with an orange header bar.

Fonte: Autor, 2019.

Após criada a conta, o novo usuário tem acesso ao sistema, mas precisa de autorização do administrador para visualizar os geradores cadastrados e seus respectivos dados. Na Figura 35, pode-se ver a tela inicial do sistema vista pelo usuário com liberação a todos recursos do sistema, tanto a supervisão, como cadastrar novos geradores e adicionar arquivos, bem como os documentos compartilhados com o seu usuário.

Figura 35 - Tela inicial do supervisório

The screenshot shows the 'Just Trust Supervisory' web application. On the left, a sidebar menu includes 'Administração', 'Documentos' (with sub-options like 'Enviar documentos', 'Meus documentos', 'Compartilhados comigo', 'Categorias'), and 'Logout'. The main content area is titled 'ADMINISTRAÇÃO GERADORES' and features a 'GERADOR' form with input fields for 'Id', 'Modelo', and 'Estado', along with 'Buscar' and 'Novo' buttons. Below the form is a table of generators:

Modelo	Descrição	Estado
TOYAMA	Motor - MWM Alternador - WEG Modelo - Carenado / Silenciado Sobre Base e Tanque de Combustível Painel - MAnual CLP comando apto para Automação de Entrada e Saída de Concessionária Revisado com Garantia de 3 meses e ou 250 horas.	Inativo
Nagano	DADOS TÉCNICOS Fases Trifásico Polaridade 4 polos. Tipo AC, Auto regulado Frequência / Rotação 60 Hz / 1800 RPM Potência contínua 30 KVA Potência máxima 33 KVA Tensão de Saída 110/220V ou 220/380V Co	Inativo
Soto	Grupo Gerador de 100/110 kVA, fator de potência 0,8, Trifásico, na tensão de 220/380/440 com neutro em bruxilles, 60 Hz, composto por: Motor Marca CUMMINS TURBO, modelo 6BTS.9-G1, de 135 CV a 1800 rpm (ISO3046), 06 cilindros em linha, refrigerado por radiador, filtro de ar, partida elétrica 12V, quadro de comando do motor com aboteira para ligação do motor diesel, sistema de parada elétrico, controle de óleo e controle de temperatura	Inativo

Fonte: Autor, 2019.

Na tela principal, o usuário pesquisa o GMG informando o seu modelo, id de cadastro ou estado, que pode ser ativo, quando gerador está ligado ou inativo quando está desligado. Na Figura 36, vê-se a pesquisa do usuário pelo modelo do gerador. Clicando sobre ele, pode-se acompanhar as grandezas do gerador, como demonstrado anteriormente na Figura 32.

Figura 36 - Pesquisa por modelo de gerador

Just Trust Supervisory

ADMINISTRAÇÃO GERADORES

GERADOR

Id \_\_\_\_\_

Modelo stemac \_\_\_\_\_

Estado \_\_\_\_\_

Buscar Novo

Modelo	Descrição	Estado
STEMAC	Gerador Stemac ano 2008 360 kvaMotor Scania Dc9 com apenas 1922 horas.Gerador WegQuadro automatico com transferência em rampa Baterias novas, unidades injetoras revisadas , regulador de tensão novo, gerador feito revisão e rejuvenescimento.Container super silenciado hospitalar 75Db	Ativo

1 a 1 de 1 registros

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

© 2016 AdminBSB 1.0.4

Fonte: Autor, 2019.

O sistema permite adicionar, editar ou remover qualquer GMG cadastrado no banco de dados. Para cadastrar geradores, demonstrado na Figura 37, que são salvos no banco de dados, o usuário deve clicar em “novo”, na tela inicial demonstrada na Figura 35. Para editar, deve-se clicar ícone de edição ao lado do modelo de gerador que deseja, e fazer as alterações cabíveis. Clicando no ícone de remoção, o gerador indicado, será deletado da lista e do banco de dados.

Figura 37 - Tela de cadastro para novos geradores

The screenshot displays the 'Just Trust Supervisory' web interface. The top navigation bar is orange and contains the application name, a search icon, and notification icons. Below the navigation bar, the user profile for 'Alexandre Wolf' is visible. A sidebar menu on the left lists 'Administração', 'Documentos', and 'Logout'. The main content area is titled 'ADMINISTRAÇÃO' and 'GERADORES', with a sub-section 'DADOS GERADOR'. The form contains the following fields:

- Id:
- Modelo:
- Descrição:
- Data/Hora:
- Combustível (%):
- Tensão rede (V):
- Frequência motor (Hz):
- Temperatura água (°):
- Tensão Fase A (V):
- Corrente Fase A (A):
- Tensão Fase B (V):
- Corrente Fase B:

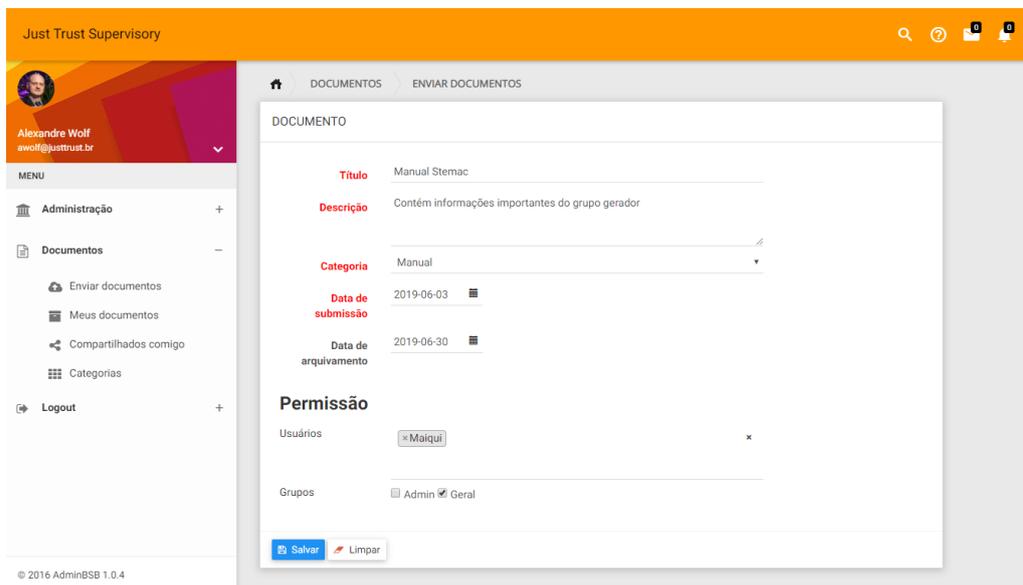
© 2016 AdminBSB 1.0.4

Fonte: Autor, 2019.

Caso seja de interesse do usuário visualizar outro dado do gerador, este deve informar ao administrador para alterar o código do microcontrolador com o endereço da informação desejada.

Todos que usufruem do sistema podem importar arquivos, do tipo *Portable Document Format (PDF)*, e se for necessário, compartilhar com outro usuário ou grupo de pessoas como pode-se ver na Figura 38, foi adicionado um manual da Stemac e compartilhado com um usuário específico e um grupo.

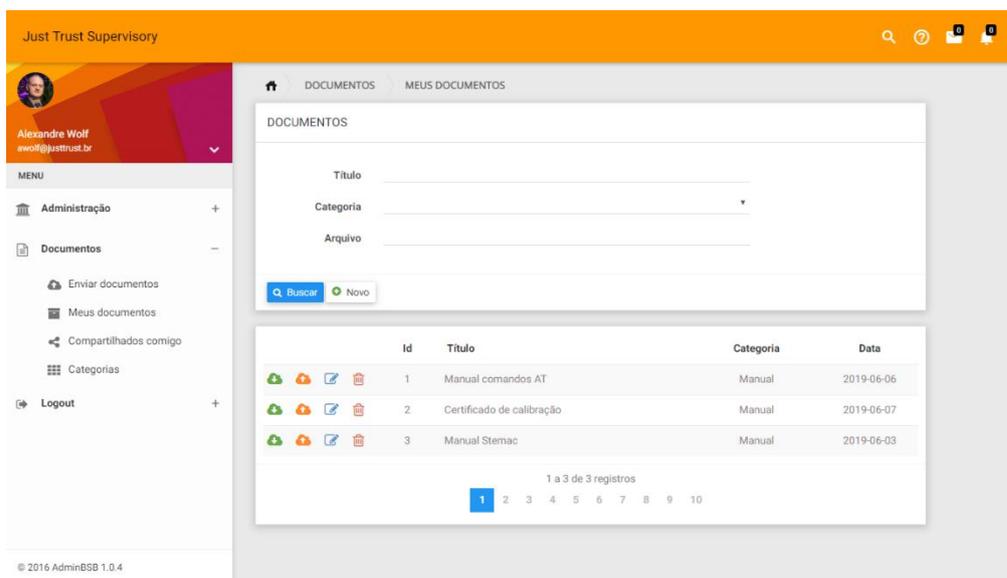
Figura 38 - Importação e compartilhamento de documentos



Fonte: Autor, 2019.

Nos menus “Meus documentos” e “Compartilhados comigo”, pode-se ver todos arquivos presentes na conta do usuário, bem como pesquisar por um em específico. Também é possível fazer o *download*, *upload*, alteração ou remoção de arquivos, clicando nos respectivos ícones de cada documento. Na Figura 39 ilustra-se o que foi dito anteriormente.

Figura 39 - Arquivos que o usuário tem acesso



Fonte: Autor, 2019.

O administrador do sistema tem acesso as páginas de forma idêntica aos usuários, porém possui recursos a mais. Este pode criar e editar grupos de usuários, bem como editar e criar os usuários, mesmas funcionalidades aplicadas para os geradores. Disponibiliza acesso as demais classes de controle, verificação do banco de dados, criação e alteração de unidades, que podem ser, como exemplo filiais de uma empresa e por fim tem o poder de enviar comandos SQL diretamente pelo menu “Painel SQL”. Na Figura 40, pode-se ver a página que apresenta os bancos utilizados pelo sistema, clicando em “*Database explorer*”. O administrador pode fazer alterações em qualquer campo do banco de dados remotamente por essa tela.

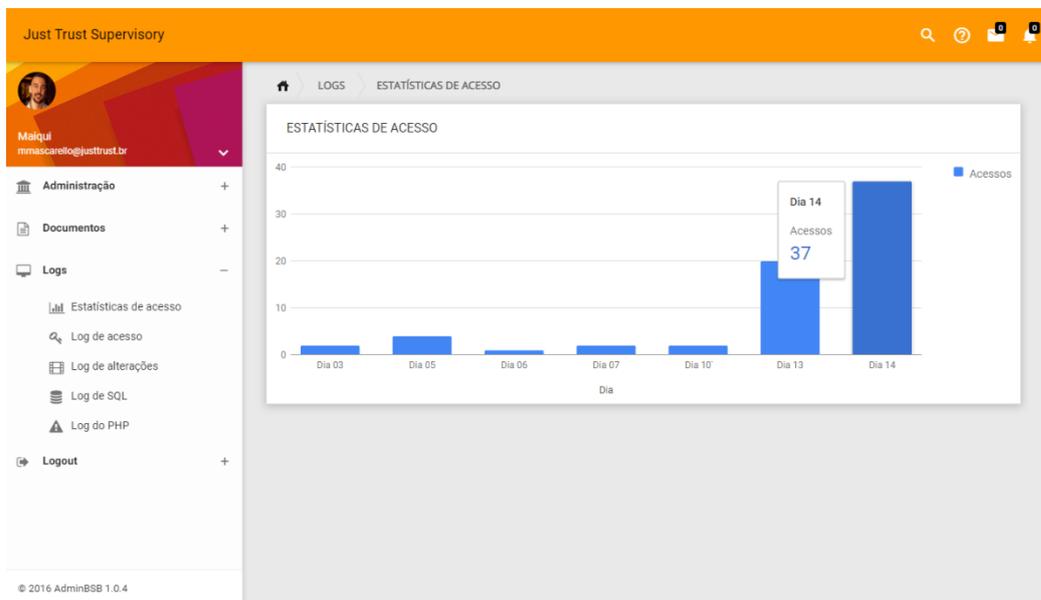
Figura 40 - Tela do *Database Explorer*

id	data_hora	combustivel	tensao_rede	freq_motor	temp_agua	tensao_fase_A	cc
7	2019-04-30 10:57:39	142.40	250.00	23.10	100.00	260.00	23
6	2019-04-30 10:56:08	150.40	230.00	60.10	45.00	220.00	10
5	2019-04-30 10:50:10	8.00	250.00	50.00	12.00	220.00	15
4	2019-03-29 18:31:05	35.00	0.00	60.00	22.00	220.00	5.0
8		45.00	265.00	33.00	23.00	263.00	22
9		5.00	220.00	25.00	22.00	123.00	2.0
10	2019-06-06 15:16:04	0.00	30.00	0.00	50.00	0.00	70

Fonte: Autor, 2019.

Outro recurso do administrador são os *logs*. Por meio deste pode-se ter ingresso as estatísticas de acessos ao sistema, além de registros de quais usuários acessaram, assim como alterações, e quem as fez, no banco de dados. Na Figura 41, pode-se ver as estatísticas de acesso ao sistema no período de 03 até 14 de junho de 2019.

Figura 41 - Estatísticas de acesso do sistema



Fonte: Autor, 2019.

## 4 RESULTADOS

Com o intuito de comprovar o funcionamento do sistema desenvolvido, foram realizados testes de comunicação com o gerador. Para o primeiro teste foi utilizado a porta de comunicação RS232 do equipamento para coleta de dados. E o segundo teste, se deu por meio da porta RS485 do *hardware* de coleta e gerador, como demonstrado a seguir.

### 4.1 Teste prático de comunicação via RS232

No primeiro teste prático, foi utilizada a porta de comunicação RS232 do GMG para enviar os dados ao supervisor. Na Figura 41, é apresentada a conexão entre os equipamentos, a conexão com o *hardware* de coleta é feita conforme Figura 21. Neste momento o gerador estava em *standby*, permanecia monitorando a rede da concessionária, e qualquer falha por parte dela, ele estava pronto para entrar em operação de forma automática.

Figura 42 - Conexão do *hardware* de coleta ao gerador via RS232



Fonte: Autor, 2019.

Para o teste, o *hardware* de coleta precisou ser reprogramado para comunicar ao escravo com ID 10 e *baud rate*, que é a velocidade de comunicação, de 19200 *bits* transmitidos por segundo (bps). Logo depois, foi acomodado dentro do gerador com sua porta fechada. A conexão com a *Internet*, se deu por meio de um celular que se tornou um *access point*, conectado à rede 3G, criou uma rede no padrão *IEEE 802.11*.

Assim, o equipamento de coleta pode abrir a conexão com o servidor, após a conexão ser estabelecida, ocorreu a troca das mensagens, entre o *hardware* de coleta e o servidor. Com a comunicação estabelecida, foi acessado o supervisor por um *notebook* conectado à *Internet*, feito o *login* no *Just Trust* e pesquisado pelo gerador que estava ativo (conectado ao *hardware* e em operação) no momento, como pode ser visto na Figura 43.

Figura 43 - Pesquisa por gerador ativo

The screenshot shows the 'Just Trust Supervisory' web application. The top navigation bar is orange and contains a search icon, a refresh icon, and two notification icons. The main content area is titled 'ADMINISTRAÇÃO' and 'GERADORES'. Below this, there is a 'GERADOR' search form with fields for 'Id', 'Modelo', and 'Estado' (set to 'Ativo'). There are 'Buscar' and 'Novo' buttons. Below the search form is a table with columns 'Modelo', 'Descrição', and 'Estado'. The table contains one entry for 'STEMAC' with a detailed description and an 'Ativo' status. A pagination bar at the bottom shows '1 a 1 de 1 registros' and a list of page numbers from 1 to 10.

Modelo	Descrição	Estado
STEMAC	Gerador Stemac DSE7420 55 Kva. Instalado na Univates. Quadro automático com transferência. Unidades injetoras revisadas, regulador de tensão novo, gerador feito revisão e rejuvenescimento Container super silenciado hospitalar 75Db	Ativo

Fonte: Autor, 2019.

Clicando sobre o gerador, os dados coletados puderam ser observados na tela do supervisor, com tempo de atualização de 1 segundo, como é apresentado na Figura 44 e 45.

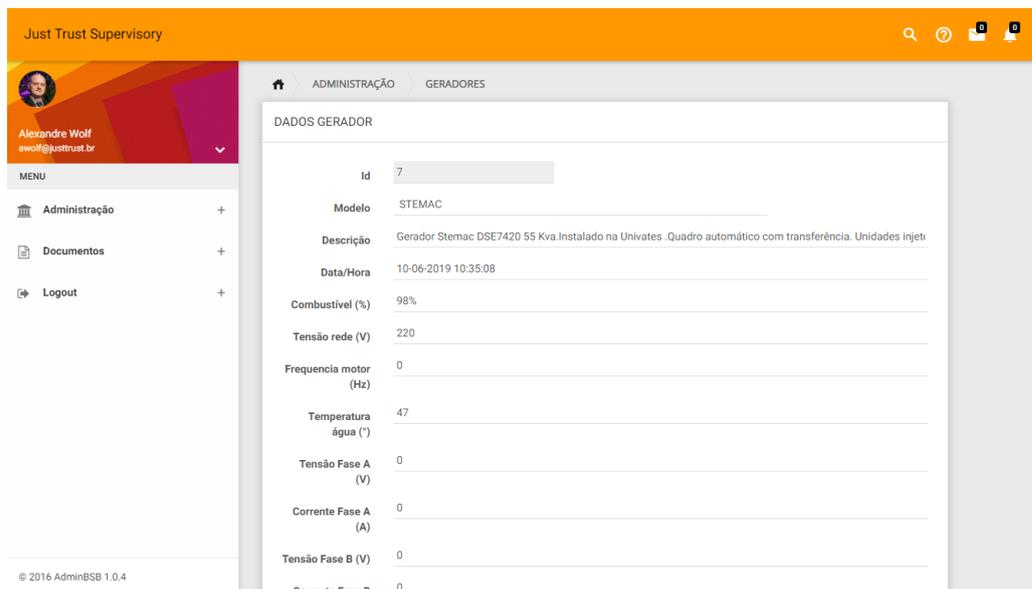
Figura 44 - Dados coletados do gerador

The screenshot shows the detailed view of a generator in the 'Just Trust Supervisory' application. The top navigation bar is orange. The main content area displays the following data:

- Descrição:** Gerador Stemac DSE7420 55 Kva. Instalado na Univates. Quadro automático com transferência. Unidades injetoras revisadas, regulador de tensão novo, gerador feito revisão e rejuvenescimento Container super silenciado hospitalar 75Db
- Data/Hora:** 10-06-2019 10:35:11
- Combustível (%):** 98%
- Tensão rede (V):** 220
- Frequência motor (Hz):** 0
- Temperatura água (°):** 47
- Tensão Fase A (V):** 0
- Corrente Fase A (A):** 0
- Tensão Fase B (V):** 0
- Corrente Fase B (A):** 0
- Tensão Fase C (V):** 0
- Corrente Fase C (A):** 0
- Estado:** Ativo

Fonte: Autor, 2019.

Figura 45 - Dados adquiridos do gerador



Fonte: Autor, 2019.

Apesar do gerador não estar fornecendo energia, e por isso não estar enviando nenhum valor de tensão ou corrente, pode-se acompanhar os demais dados. O sistema apresentou o resultado esperado, não relatando nenhuma erro de conexão entre os equipamentos, ou se quer perda de pacotes, apenas necessitou ser recarregado o binário para o microcontrolador, contendo as informações do gerador necessárias para o equipamento de coleta se conectar nele e criar o *gateway* entre o GMG e o servidor.

## 4.2 Teste prático de comunicação via RS485

Para o segundo teste prático, foi utilizada a porta de comunicação RS485, do mesmo gerador, para enviar os dados para o supervisório. Na Figura 46, é apresentada a conexão entre os equipamentos, a conexão com o *hardware* de coleta é feita conforme a Figura 23. Neste momento, o gerador estava em *standby*, permanecia monitorando a rede da concessionária, e poderia entrar em operação a qualquer falha da dela.

Figura 46 - Conexão do *hardware* de coleta ao gerador via RS485

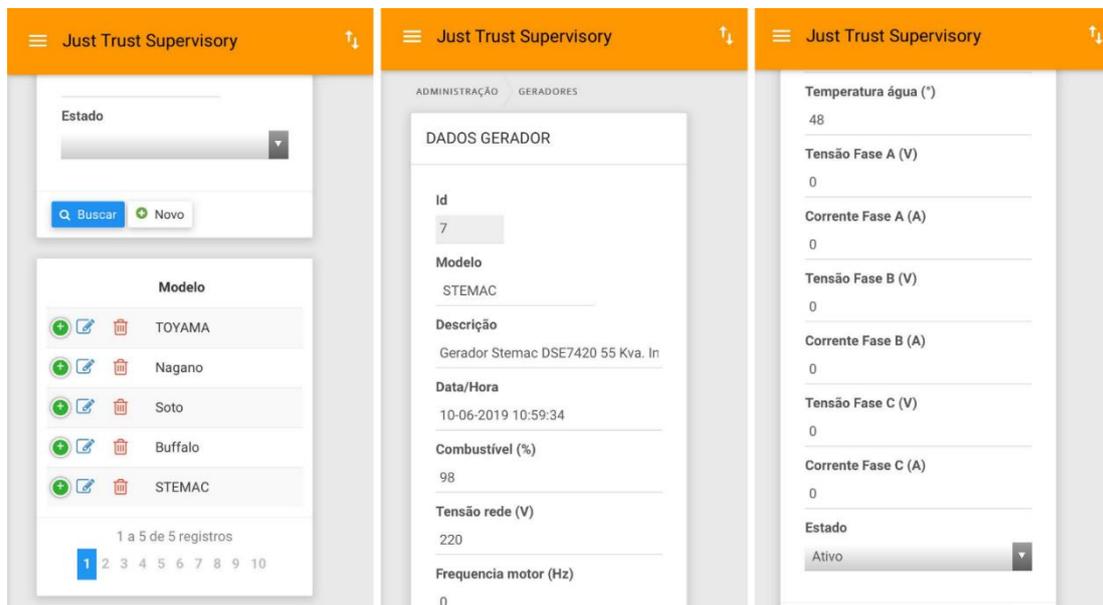


Fonte: Autor, 2019.

Para o teste não precisou ser alterado o binário do microcontrolador, pois ao selecionar a opção RS485 no painel do controlador, o endereço de escravo e a velocidade de comunicação permaneciam iguais ao teste anterior. Após, o equipamento de coleta, foi disposto dentro do gerador com sua porta fechada. A conexão com a *Internet*, se deu pelo mesmo celular utilizado de *access point* anteriormente.

Logo após, o microcontrolador conectou-se a *Internet*, e solicitou conexão com o servidor, tendo ela aceita e prontamente começou a troca de dados entre as partes do sistema.

O supervisório foi acessado pelo *smartphone* e na tela principal foi selecionado o gerador STEMAC, que representa o gerador a ser monitorado no teste. Os dados coletados do gerador foram vistos na tela do supervisório, com tempo de atualização de 1 segundo. Na Figura 47, é apresentado o supervisório que foi acessada pelo *smartphone* com as telas de pesquisa e os dados coletados do gerador.

Figura 47 - Supervisório sendo acessado pelo *smartphone*

Fonte: Autor, 2019.

Apesar do gerador também não ter sido acionado e por este motivo não ter encaminhado nenhum valor de tensão ou corrente ao servidor, pode-se acompanhar os demais dados, já que ele permanecia em *standby*. O sistema, no segundo teste, apresentou-se de forma prevista, não ocorrendo nenhum problema de conexão entre os equipamentos, ou se quer perda de pacotes, nem precisou ser recarregado o binário para o microcontrolador. O *gateway* entre o GMG e o servidor funcionou perfeitamente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento de um sistema de supervisão remota, que estabelece comunicação entre a unidade eletrônica de comando de um grupo gerador de energia elétrica, com um programa de supervisão SCADA, denominado *Just Trust Supervisory*, a partir da aplicação de conhecimentos angariados durante a graduação em diversas áreas, tais como programação, eletrônica, barramentos, redes e elétrica, além dos conhecimentos extraclasse que foram obtidos desenvolvendo este trabalho.

Por conta de o grupo gerador estar em *standby*, nem todos dados desejados puderam ser coletados e monitorados, mas como a faixa de endereços *Modbus* é completa, pode-se visualizar os demais dados. O *hardware* de coleta se mostrou eficiente e pode trabalhar com qualquer dispositivo *Modbus*, não somente com geradores.

A comunicação por meio de rede *IEEE 802.11*, se mostrou eficaz mesmo sendo implantada de forma tardia no projeto, pois a ideia inicial era a utilização de um módulo *Global System for Mobile Communications (GSM)*, com chip de operadora para conexão via *General Packet Radio Services (GPRS)*, o qual, durante os testes não se demonstrou eficiente.

Com uma interface de trabalho intuitiva, simples e direta, o manuseio do sistema de supervisão, se mostrou descomplicado, colaborando com um rápido aprendizado por parte do usuário. Também atendeu a proposta de ser acessado por qualquer dispositivo remoto, pois é responsivo e muda a sua aparência e acomodação com base na dimensão da tela em que o supervisório é acessado.

Por meio de testes práticos realizados, obteve-se resultados que comprovaram a conversão dos protocolos de comunicação e realização de comunicação estável e transparente entre a unidade eletrônica de comando de um grupo gerador de energia elétrica e o *Just Trust Supervisory*, dessa forma, conclui-se que objetivo proposto pelo trabalho foi atingindo.

Como sugestões para trabalhos futuros, melhorias que podem ser implementadas são:

- Implementar um servidor de *e-mails* no supervisório, que envie informações importantes. Exemplo, quando um gerador é acionado por falta de energia da concessionária.
- Acrescentar a atualização de *firmware* de forma remota, também chamada de *Over-The-Air (OTA)* ou *Firmware Over-The-Air (FOTA)*. Caso o usuário necessite acessar outros dados da faixa *Modbus*, o microcontrolador verifica se tem alguma atualização de binário ao se conectar no servidor.
- Adição de gráficos com os dados monitorados, para se ter uma análise mais detalhada do funcionamento da máquina geradora de energia em um período.
- Incluir um módulo *GSM*, com chip *Machine to Machine (M2M)*, que pode ser cadastrado em todas operadoras com maior cobertura de sinal, evitando assim, ficar sem comunicação com o supervisório. Com o pacote de dados da operadora evita depender apenas de uma rede *IEEE 802.11*.
- Utilizar uma saída digital do microcontrolador para fazer acionamento remoto, já que o *Modbus* implementado na unidade controladora suporta apenas a função de leitura dos registradores, sendo impossível acionar ele a distância. Assim, conectando uma saída digital do *hardware* de coleta a uma entrada digital da unidade controladora programada para acionar de forma manual.
- Usufruir de algum *sleep mode*, rotinas do ESP8266 que adormecem certas funções dele, e consumindo algo em torno de 20  $\mu\text{A}$ .
- Desenvolver um aplicativo, assim facilitando acesso ao supervisório por dispositivos *mobile*.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMOWSKI, J. C.; FURUKAWA, C. M.; COZMAN, F. G. MECATRÔNICA – UMA ABORDAGEM VOLTADA À AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. **Mecatrônica Atual** , São Paulo, 2001.

ALLIANCE, W. Wi-Fi org. **Wi-Fi Alliance celebrates 20 years of Wi-Fi**, 2019. Disponível em: <<https://www.wi-fi.org/news-events/newsroom/wi-fi-alliance-celebrates-20-years-of-wi-fi>>. Acesso em: 08 Junho 2019.

AMY, L. T. Instrument Society of America. **Automation Systems for Control and Data Acquisition**, 1992. 254.

ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 1ª. ed. Brasília: CEDOC, v. I, 2002. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro\\_atlas.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf)>. Acesso em: 19 Abril 2019.

ANEEL. Capacidade de Geração do Brasil. **ANEEL**, 2019. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>> . Acesso em: 8 Maio 2019.

ASSIS, P. D. K. B. D. **MICROCONTROLADOR**, Barbacena, Dezembro 2004. 92. Disponível em: <<https://www.unipac.br/site/bb/tcc/tcc-f6cceedfa3f6307211208b80c790c6e3.pdf>>. Acesso em: 16 Maio 2019.

BOYER, S. A. **SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition**. 4<sup>a</sup>. ed. [S.I.]: International Society of Automation, v. III, 2010. 257 p.

CHAPMAN, S. J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. 5<sup>a</sup>. ed. Por Alegre: MCGRAW HILL - ARTMED, 2013. 608 p.

CLARKE, G.; REYNDERS, D.; WRIGHT, E. **Practical Modern SCADA Protocols - DNP3, 60870.5 and Related Systems**. [S.I.]: Elsevier, 2004. 548 p.  
Disponível em:  
<[https://www.julesbartow.com/Pictures/RF/Practical\\_modern\\_SCADA\\_protocols\\_-\\_dnp3,\\_60870-5\\_and\\_Related\\_Systems.pdf](https://www.julesbartow.com/Pictures/RF/Practical_modern_SCADA_protocols_-_dnp3,_60870-5_and_Related_Systems.pdf)>. Acesso em: 17 Abril 2019.

COULOURIS, G. et al. **Distributed Systems - Concepts and Design**. 5<sup>a</sup>. ed. [S.I.]: Pearson Education, 2011. 1080 p. Disponível em:  
<<https://www.gecg.in/papers/ds5thedn.pdf>>. Acesso em: 28 Maio 2019.

CPFL. **CPFL Energia**, 2019. Disponível em:  
<<https://www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/localidade/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 23 Maio 2019.

CUMMINS. Soluções de Energia. **Grupos Geradores e Sistemas de Energia que se integram às suas necessidades.**, 2015. Disponível em:  
<<http://power.cummins.com.br/sites/powerbr/files/catalogos/CatalogoInstitucionalCompleto-01.pdf>>. Acesso em: 28 Março 2019.

DANEELS, A.; SALTER, W. International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems. **WHAT IS SCADA?**, Geneva, 1999. 5.

DAVIS, L. Interfacebus. **RS-422 Bus**, 2012. Disponível em:  
<[http://www.interfacebus.com/Design\\_Connector\\_RS422.html#top](http://www.interfacebus.com/Design_Connector_RS422.html#top)>. Acesso em: 04 Junho 2019.

DEEP SEA. Deep Sea Electronics. **DSE7420 - Auto Mains (Utility) Failure Control Modules**, 2019. Disponível em: <<https://www.deepseaelectronics.com/genset/auto-mains-utility-failure-control-modules/dse7420>>. Acesso em: 16 Junho 2019.

DIEESE. Departamento intersindical de estatísticas e estudos socioeconômicos. **Nota Técnica**, 2015. Disponível em: <<https://www.dieese.org.br/notatecnica/2015/notaTec147eletricidade.pdf>>. Acesso em: 13 Abril 2019.

EMBARCADOS. **Protocolo Modbus-Fundamentos e Aplicações**, 07 Abril 2014. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/protocolo-modbus/>>. Acesso em: 03 Abril 2019.

ENGST, A.; FLEISHMAN, G. **Kit do Iniciante Em Redes sem Fio**. 2ª. ed. São Paulo: Pearson, 2005.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica**, 2019. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-153/topico-459/Resenha%20Mensal%20-%20Maio%202019\\_Final.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-153/topico-459/Resenha%20Mensal%20-%20Maio%202019_Final.pdf)>. Acesso em: 10 Maio 2019.

FLICKENGER, R. **Redes sem fio no mundo em desenvolvimento**. 2ª. ed. [S.l.]: Hacker Friendly, 2007.

IEEE. *IEEE* GET Program. **GET 802(R) Standards**, 2018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/browse/standards/get-program/page/series?id=68>>. Acesso em: 10 Junho 2019.

INFORMATION SCIENCES INSTITUTE. **TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL - DARPA INTERNET PROGRAM - PROTOCOL**

**SPECIFICATION**, Setembro 1981. Disponível em: <<https://tools.ietf.org/html/rfc793>>. Acesso em: 23 Março 2019.

IOTBYTES. Bits and Bytes of IoT. **NodeMCU Pinout**, 5 Abril 2016. Disponível em: <<https://iotbytes.wordpress.com/nodemcu-pinout/>>. Acesso em: 03 Junho 2019.

LUGLI, A. B.; SANTOS, M. M. D. **Sistemas Fieldbus Para Automação Industrial: DEVICENET, CANOPEN, SDS E ETHERNET**. São Paulo: ERICA, 2009. 160 p.

MARTINS, N. A. **Sistemas Microcontrolados - Uma Abordagem com o Microcontrolador PIC 16F84**. São Paulo: Novatec, 2005. 20 p. Disponível em: <<http://www.martinsfontespaulista.com.br/anexos/produtos/capitulos/203289.pdf>>. Acesso em: 23 Abril 2019.

MODBUS ORGANIZATION. *Modbus* FAQ. **About The Modbus Organization**, 2005. Disponível em: <<http://www.modbus.org/faq.php>>. Acesso em: 16 Fevereiro 2019.

MODBUS-IDA. **MODBUS APPLICATION PROTOCOL SPECIFICATION**, 28 Dezembro 2006. Disponível em: <[http://www.modbus.org/docs/Modbus\\_Application\\_Protocol\\_V1\\_1b.pdf](http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf)>. Acesso em: 19 Fevereiro 2019.

NAVATHE, E. **Sistemas De Banco De Dados**. 4<sup>a</sup>. ed. [S.l.]: Plarson, 2005.

NBR 14664. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Grupos Geradores - Requisitos gerais para telecomunicações**, Rio de Janeiro, Abril 2001.

NEDER, V. Tarifa de energia para indústria sobe em média 23,4%. **Exame**, São Paulo, 6 Março 2015. Disponível em:

<<https://exame.abril.com.br/brasil/tarifa-de-energia-para-a-industria-sobe-em-media-23-4/>>. Acesso em: 26 Março 2019.

NETO, J. P. **AQUISIÇÃO DE DADOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA GPRS**. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. CURITIBA, p. 29. 2013.

OLIVEIRA, R. R. **USO DO MICROCONTROLADOR ESP8266 PARA AUTOMAÇÃO**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 42. 2017.

ONS. Operador Nacional do Sistema. **Sobre ONS - RESERVATÓRIOS**, 2019. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/pt/paginas/energia-agora/reservatorios>>. Acesso em: 14 Junho 2019.

PEREIRA, F. **Microcontroladores PIC - Programação em C**. 7ª. ed. São Paulo: Erica, 2009. 306 p.

PROCEL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Conceitos de Energia Elétrica**, 2009. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Energ\\_Elet\\_Conceitos\\_Qualid\\_Tarif\\_Eletr\\_Procel-04.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Energ_Elet_Conceitos_Qualid_Tarif_Eletr_Procel-04.pdf)>. Acesso em: 18 Abril 2019.

REGAZZI, R. D.; PEREIRA, P. S.; SILVA JR, M. F. **SOLUÇÕES PRÁTICAS DE INSTR. E AUTOMAÇÃO - LABVIEW**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: KWG, 2005. 456 p.

REGAZZI, R. D.; PEREIRA, P. S.; SILVA JR, M. F. In: **Soluções Práticas de Instrumentação e Automação – Utilizando a Programação**. [S.l.]: [s.n.], 2006. Cap. 1, p. 17.

SILVA, A. J. S. RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa. **As Tecnologias de Redes Wireless**, 1999. Disponível em: <<https://memoria.rnp.br/newsgen/9805/wireless.html>>. Acesso em: 12 Junho 2019.

SIMOMURA, B. C. Artigonal. **Sistemas Distribuídos**, 2009. Disponível em: <<http://www.artigonal.com/ti-artigos/sistemas-distribuidos-991878.html>>. Acesso em: 15 Dezembro 2018.

SOUZA, D. J. D. **Desbravando o Pic - Ampliado e Atualizado para Pic16f628a**. 12<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Erica, 2003.

STEMAC. **Grupos Geradores Diesel**, 2018. Disponível em: <[www.stemac.com.br/PT/produtos/Paginas/GruposGeradoresDiesel.aspx](http://www.stemac.com.br/PT/produtos/Paginas/GruposGeradoresDiesel.aspx)>. Acesso em: 19 Novembro 2018.

STRANGIO, C. E. Cami. **Data Communications Basics**, 2006. Disponível em: <[https://www.camiresearch.com/Data\\_Com\\_Basics/data\\_com\\_tutorial.html#anchor205159](https://www.camiresearch.com/Data_Com_Basics/data_com_tutorial.html#anchor205159)>. Acesso em: 03 Junho 2019.

SVERZUT, J. U. **Redes Gsm Gprs Edge e Umts Evolução a Caminho da Terceira Geração**. 4<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Erica, v. I, 2005.

TANENBAUM, A. S.; STEEN, M. V. **Sistemas Distribuídos - Princípios e Paradigmas**. 2<sup>a</sup>. ed. [S.l.]: Pearson Universidades, 2007. 416 p.

UNIVERSOTECH. UT. **Como surgiu o Wi Fi? Entenda bem essa historia.**, 30 Março 2016. Disponível em: <<http://universotech2015.blogspot.com/2016/03/como-surgiu-o-wi-fi-entenda-bem-essa.html>>. Acesso em: 09 Junho 2019.

ZANCO, W. D. S. **Microcontroladores PIC 16F628A/648A - Uma Abordagem Prática e Objetiva.** 2<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Erica, 2005. 368 p.