

GUSTAVO HERMETO MOURA CARVALHO

**UTILIZAÇÃO DE UM SUPERVISÓRIO E
FERRAMENTA DE BUSINESS INTELLIGENCE
COMO FORMA DE OTIMIZAÇÃO DE
DESEMPENHO NA DOMÓTICA**

UBERLÂNDIA

2019

GUSTAVO HERMETO MOURA CARVALHO

**UTILIZAÇÃO DE UM SUPERVISÓRIO E
FERRAMENTA DE BUSINESS INTELLIGENCE
COMO FORMA DE OTIMIZAÇÃO DE
DESEMPENHO NA DOMÓTICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
DA ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU -
CÂMPUS SANTA MÔNICA, COMO
REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA –
UFU FACULDADE DE ENGENHARIA
ELÉTRICA**

Orientador: Prof. Dr. Renato Santos Carrijo

UBERLÂNDIA

2019

Hermeto, Gustavo

Utilização de um supervisor e ferramenta de business intelligence como forma de otimização de desempenho na domótica/ **Gustavo Hermeto Moura Carvalho.** - **UBERLÂNDIA, 2019**- 41 p.: il. (algumas color.); 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Renato Santos Carrijo

Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Uberlândia - UFU Faculdade de Engenharia Elétrica. **2019.**
Inclui bibliografia.

1. Supervisor 2. Domótica 3. Monitoramento Orientador. Renato Santos Carrijo II. Universidade Federal de Uberlândia. III. Faculdade de Engenharia Elétrica. IV. Engenharia de Controle e Automação.

Dedico este trabalho aos meus pais,
pelo apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a minha família e namorada por compreender os obstáculos percorridos até aqui, bem como a compreensão e apoio nas decisões difíceis.

Aos meus amigos, que sempre me ofereceram ajuda e me davam dicas para buscar a melhor opção no desenvolvimento do trabalho.

Ao professor Dr. Renato Santos Carrijo que acompanhou desde o início do trabalho, fornecendo todo o suporte para a resolução do projeto da melhor forma possível.

Meus sinceros agradecimentos para todas essas pessoas.

*“O sucesso nasce do querer,
da determinação e persistência em se chegar
a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo,
quem busca e vence obstáculos, no mínimo
fará coisas admiráveis.”*

(José de Alencar)

RESUMO

O intenso desenvolvimento tecnológico e a crescente discussão sobre domótica, fazem com que alternativas sejam criadas a fim de reduzir os gastos nas residências.

Este trabalho vem com o intuito de elaborar um projeto de um supervisor integrado com uma ferramenta de *business intelligence*, a fim de otimizar o desempenho em uma residência. Baseado em protocolos de rede adequados, e métodos com bom custo-benefício, o protótipo apresenta um exemplo de aplicação em um monitoramento de um sensor de consumo de corrente elétrica em aparelhos domésticos, coletando dados em tempo real e enviando para um computador instalado na residência remotamente, que posteriormente geravam informações por meio de *dashboards*.

Para isso, foi elaborado de maneira concisa, quais os meios e componentes que uma pessoa deve obter para que consiga implementar tal ferramenta.

Palavras-chave: Supervisor, Domótica, Monitoramento, BI

ABSTRACT

The intense technological development and the growing discussion about home automation mean that alternatives are created to reduce household expenses.

This work aims to elaborate a project of an integrated supervisory with a tool of business intelligence, in order to optimize the performance in a residence. Based on adequate network protocols and cost-effective methods, the prototype presents an example of an application for monitoring a current consumption sensor in domestic appliances, collecting data in real time and sending it to a home-installed computer remotely, which later generated information through dashboards.

For this, it was elaborated in a concise way, what means and components that a person must obtain in order to be able to implement such a tool.

Keywords: Supervisory, Domotics, Monitoring, BI

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pirâmide da automação	15
Figura 2 - Quadro de mensagens MODBUS	17
Figura 3 - O semicondutor sob a ação do campo magnético.	20
Figura 4 - NodeMCU ESP8266	20
Figura 5 - <i>Pinout NodeMCU</i> ESP8266	21
Figura 6 - Fluxo de processos <i>Business Intelligence</i>	22
Figura 7 - Cabo P2 e micro-USB.....	26
Figura 8 - Diagrama de blocos do protótipo.	27
Figura 9 - Interface Sistema Supervisório	28
Figura 10 – Fonte de dados com editor de script do Power BI.....	32
Figura 11 - Relacionamento de tabelas.....	33
Figura 12 - Dashboard para análise de faturas de energia elétrica.....	34
Figura 13 - Dashboard para análise de corrente por equipamento	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variações de corrente do SCT-013-000.....	25
Tabela 2 - Disjuntores por circuito.....	29
Tabela 3 - Lista de tomadas e lâmpadas por cômodo.....	30
Tabela 4 - Relação de corrente mensurada por equipamento	30
Tabela 5 - Corrente do ventilador em função da velocidade	36
Tabela 6 - Orçamento do projeto.....	36
Tabela 7 - Comparação corrente SCT X amperímetro convencional	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASCII	<i>American Standard Code</i>
BI	<i>Business Intelligence</i>
BPS	<i>Bits por segundo</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
GPIO	<i>General Purpose Input Output</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IHM	<i>Human Machine Interface</i>
IOT	<i>Internet of things</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
KBPS	<i>Quilobit por segundo</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
KWH	<i>Quilowatt-hora</i>
M	<i>Metros - Unidade de medida de distância</i>
MB	<i>Megabyte</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RISC	<i>Reduced Instruction Set Computer</i>
RS	<i>Recommendação Standard</i>
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
WI-FI	<i>Wireless Fidelity</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. JUSTIFICATIVA	14
1.2. OBJETIVOS	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1. ESTRUTURA DA AUTOMAÇÃO	15
2.2. SISTEMA SUPERVISÓRIO	16
2.2.1. <i>Indusoft</i>	16
2.3. MODBUS	17
2.4. MEDIDORES DE ENERGIA	18
2.4.1. <i>Amperímetro</i>	18
2.5. SENSOR DE EFEITO <i>HALL</i>	19
2.6. NODEMCU ESP8266	20
2.7. <i>BUSINESS INTELLIGENCE</i>	22
2.7.1. <i>MICROSOFT POWER BI</i>	23
3. METODOLOGIA	25
3.1. MONTAGEM DO CIRCUITO ELETRÔNICO	25
3.2. CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA SUPERVISÓRIO E COMUNICAÇÕES	26
3.3. ESTUDO DOS PARÂMETROS RESIDENCIAIS	29
3.4. O USO DO POWER BI COMO TRATAMENTO DE DADOS.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5. CONCLUSÕES	38
6. REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

O avanço da automação nos últimos anos vem tomando grandes proporções, que a maioria dos complexos industriais não operam mais sem um sistema de monitoramento. Fábricas estão repletas de sensores e transmissores, que são fundamentais para supervisão do processo, e parâmetros que servem de decisões de medidas.

Os sistemas supervisórios suprem essa necessidade, pois permitem coletar dados do processo, além de monitorá-lo e atuar sobre ele com algum controle em nível de supervisão.

A produção em larga escala de equipamentos de automação foi tão grande, que não demorou e atualmente estão presentes em várias residências. A conurbação urbana, e o desenvolvimento tecnológico, fizeram com que nossa rotina fosse alterada, pensando no bem-estar físico e mental. A facilidade em desligar um equipamento remotamente, ou aparelhos domésticos que funcionam automáticos, são alguns desses exemplos.

Não obstante, o simples fato de melhorias na operação, poderia causar impactos no aspecto financeiro. A obsessão pela compra de equipamentos de última geração, ou o consumo de energia, são fatores que pesam na conta do consumidor.

De acordo com Clayton Morales (2007), no Brasil tal racionalização começou a ser difundida na década de 80, através de estudos da eficiência energética e depois instauradas pelo Ministério de Minas e Energia e da Indústria e Comércio em 1985, criando assim o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica).

Paralelo à consciência energética, também surgiram tecnologias que facilitam o monitoramento de tais gastos. O acompanhamento do relógio do quadro de energia, o consumo de *Killowatts* gasto na fatura, foram sendo monitoradas pelos próprios clientes, o que em tese facilitaria o seu consumo.

No entanto, de acordo com a pesquisa do EPE (Empresa de Pesquisa Energética) lançada em fevereiro de 2019, o consumo de energia cresceu 3,8% no mês de janeiro do mesmo ano, totalizando 4,11 *terawatts*-hora. A justificativa para o aumento se deve as elevadas temperaturas, aumentando assim, a demanda pela climatização dos ambientes.

Além do fato de que os equipamentos atualmente vêm acompanhado de informações de consumo (potência média, eficiência), aparelhos como multímetros e sensores podem também monitorar o consumo de corrente, a tensão da rede, e assim chegar em uma estimativa de valor gasto.

A arquitetura de trabalho proposto no contexto, vem com o intuito de apresentar uma dentre várias maneiras de se reduzir os custos em uma residência.

1.1. Justificativa

Diante da pressão da economia no consumo de energia elétrica, e o avanço da automação em monitoramento de variáveis, o intuito do trabalho é apresentar uma ferramenta *de business intelligence* integrada com um sistema supervisor capaz de monitorar elementos residenciais, e gerar a partir do exemplo do acompanhamento de consumo de corrente elétrica, informações para que uma pessoa possa tomar conclusões sobre como melhorar a eficiência energética de sua residência.

O sistema de supervisão servirá como suporte para análise de dimensionamento de circuitos, gerando dados que levam a conclusões sobre sobrecargas ou curtos-circuitos na rede elétrica. O histórico de consumo de energia apresentado diante da visualização gráfica, permitirá o indivíduo, uma fácil interpretação dos dados gerados.

Assim, com a elaboração do protótipo, a otimização a partir de uma tecnologia barata servirá como auxílio na economia de gastos.

1.2. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho, é apresentar um sistema de automação de baixo custo e moderno no ambiente da domótica. Com o uso de um supervisor didático e um software de *business intelligence*, será explicado como exemplo, toda a estrutura necessária para o monitoramento do consumo de corrente elétrica, permitindo que o usuário interprete as informações gerais e seja capaz de tomar medidas a fim de otimizar o desempenho em sua residência.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

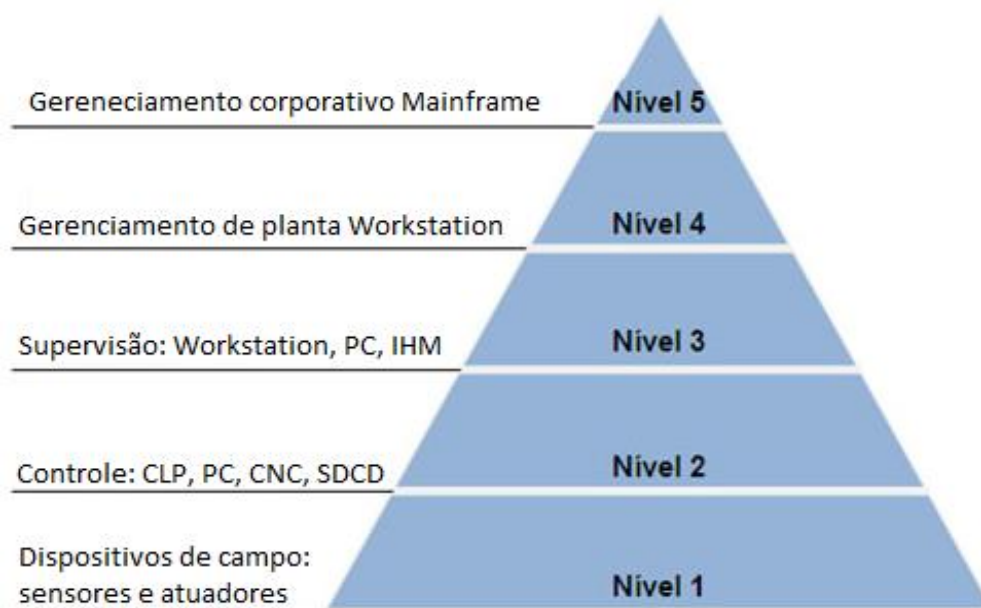
2.1. Estrutura da automação

Para que o processo em si seja entendido, é necessário inicialmente ter conhecimento prévio sobre a hierarquia da automação.

A pirâmide da figura 1 representa essa disposição. Na base dela, encontra-se os sensores e atuadores, que são responsáveis por gerar dados, que são convertidas posteriormente em informações. Para a transição entre os níveis da pirâmide, faz-se necessário a utilização de protocolos de redes adequados.

Assim, no topo dela, tem-se toda a parte de gerenciamento, que a partir de toda essa estrutura, torna-se possível tomar conclusões sobre todo o processo.

Figura 1 - Pirâmide da automação



Fonte: Adaptado de (ANDRADE, 2018)

É importante ressaltar que a comunicação entre os níveis da pirâmide da figura 1 sejam bem estabelecidos; pois uma vez mal configurado uma camada, o nível subsequente também estará errado, levando a uma cadeia com informações equivocadas.

2.2. Sistema supervisório

Um sistema supervisório, da sigla SCADA (*Supervisory Control and data acquisition*), consiste em capturar e armazenar em um banco de dados, informações sobre um processo de produção. Tais valores, vem de sensores que captam dados específicos, também chamados de variáveis de processos.

Cada supervisório apresenta uma particularidade, no entanto, itens como *tags*, telas sinóticas, alarmes, históricos, gráficos de tendências e relatórios são alguns dos exemplos que constitui um sistema de supervisão.

Encontra-se uma variedade de supervisórios no mercado, dentre como: SIMATIC Wincc da Siemens, ProcessView da SMAR, InduSoft Web Studio da Indusoft, FactoryTalk View da Rockwell, ScadaBR da MCA Sistemas e vários outros.

2.2.1. Indusoft

A InduSoft Web *Studio* é uma ferramenta que possibilita o desenvolvimento de aplicações IHM, SCADA, para sistemas *embedded*, e para sistemas de instrumentação.

Suas vantagens estão na flexibilidade; uma linguagem *unicode*, ou seja, de fácil entendimento; e uma alta integração com sistemas *back-office* usando conexão com base de dados relacional.

Fundada em 1997, a Indusoft apresenta também um *software* educacional, chamado Indusoft Web Studio *Educational*, apresentando de maneira objetiva o propósito de funcionamento de um supervisório.

Tal ferramenta já foi bastante utilizada em objetivos similares, se demonstrando útil e correspondendo a maioria dos requisitos quando se refere a domótica. Por não apresentar custos, e possuir um *layout* bem didático, a *Indusoft Web Studio* permite que vários usuários aprendam rapidamente a manusear a ferramenta.

2.3. Modbus

O *Modbus* é um dos protocolos mais utilizados nas indústrias, por conta de sua facilidade de implementação, dividindo em diversos padrões de meio físico como o RS-232, RS-485 e o *Ethernet* TCP/IP.

A escolha por cada padrão depende da velocidade de comunicação desejada, do número de dispositivos, e o comprimento da rede.

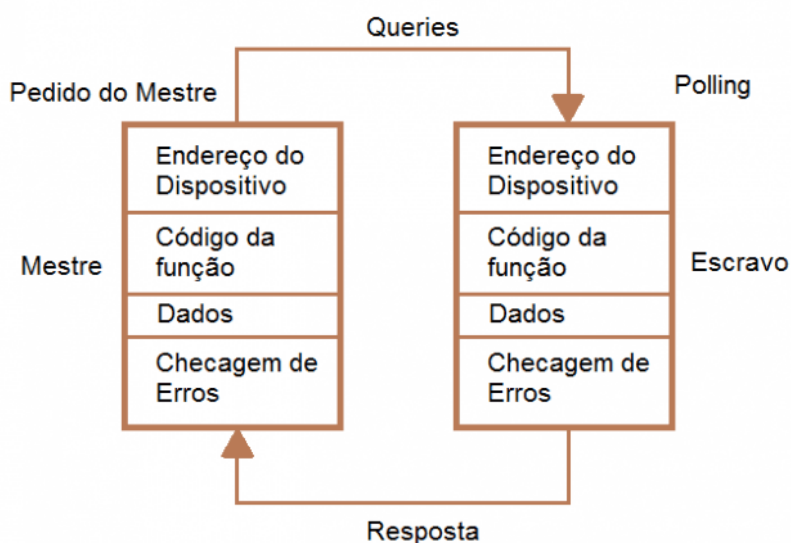
O RS-232 só contempla dois dispositivos na rede, ou seja, um mestre e um escravo, possuindo uma velocidade máxima em torno de 115Kbps, limitando-se a distâncias de 30 metros.

Já o padrão RS-485 possui características bem mais expressivas, sendo por isso, bastante utilizado em processos industriais. Ele trabalha com taxas de comunicação de até 12Mbps, podendo ter um comprimento de rede de até 1200m, e com até 32 barramentos na rede.

O padrão *Ethernet* utiliza uma maior velocidade, de 100Mbps ou até 10Gbps, com distância máxima variando na faixa de 100 a 200 metros. A vantagem desse padrão, está no fato de poder utilizar a comunicação *wireless*.

A figura 2 demonstra como se compõem em detalhes o protocolo *Modbus*.

Figura 2 - Quadro de mensagens *MODBUS*



Fonte: Adaptado de (FREITAS, 2014)

2.4. Medidores de energia

Um medidor de energia elétrica, é um dispositivo que consiste na obtenção do consumo de energia. Através de um aparato eletromecânico, o medidor de *quillowatt*-hora (kWh) para corrente alternada é utilizado como padrão tanto para indústria como para residências.

Com o passar dos anos, surgiu o medidor eletrônico, que funciona a partir de circuitos integrados, diferente do eletromecânico, que utiliza os princípios da indução eletromagnética.

Tais aparelhos funcionam em função de duas variáveis básicas da elétrica: corrente e tensão. Existem também instrumentos que fornecem tais valores separadamente, que é o caso do voltímetro (tensão) e do amperímetro (corrente).

2.4.1. Amperímetro

Um amperímetro é um instrumento que tem a função de medir corrente elétrica por um condutor. De acordo com o amperímetro construído, há a necessidade de interromper o condutor ou não.

Nos amperímetros em que ocorrem essa interrupção, os mesmos são chamados de *shunt*, que consiste em inserir um resistor em série com o condutor, e assim aferir a diferença de potencial no mesmo.

Pela primeira *Lei de Ohm*:

$$V = R * I \quad (1)$$

Onde:

V = Tensão;

R = Resistência;

I = Corrente

Tendo como base o valor da resistência, e a diferença de potencial, tem-se o valor da corrente que passa pelo condutor, de acordo com a equação 1.

No entanto, o fato de interromper o circuito em algumas situações se torna um empecilho, já que em malhas prontas, tal ação torna-se uma dificuldade para o instrumentista. Além disso, adicionar um resistor em série ao condutor, altera-se a corrente.

Assim, para obter mais precisão, e tornar a medição, uma ação mais prática, surgiram os amperímetros “alicates”, que atualmente são bem mais utilizados que os tradicionais. Seu princípio, baseia-se no posicionamento de uma bobina ao redor de um condutor elétrico. A corrente elétrica gera então, um campo magnético circunferencial ao redor do condutor, e este campo magnético alternado induz uma corrente elétrica na bobina do amperímetro.

Como existe uma proporção direta entre a intensidade do campo magnético e a amplitude da corrente elétrica, é possível associar a corrente elétrica na bobina à corrente que se deseja medir.

2.5. Sensor de Efeito *Hall*

Alguns sensores de corrente apresentam o fundamento do efeito *hall*. Um sensor de efeito *hall* é um transdutor que, quando sob a aplicação de um campo magnético, responde com uma variação em sua tensão de saída.

Sem a presença de campos magnéticos externos, sabe-se que a corrente percorre um material, distribuindo os portadores de carga de maneira uniforme.

Todavia, se um campo magnético externo atuar, tem-se pela *Lei de Lorentz*, conforme a equação 2.

$$\vec{F} = q * (\vec{v} \times \vec{B}) \quad (2)$$

No qual:

F = Força magnética;

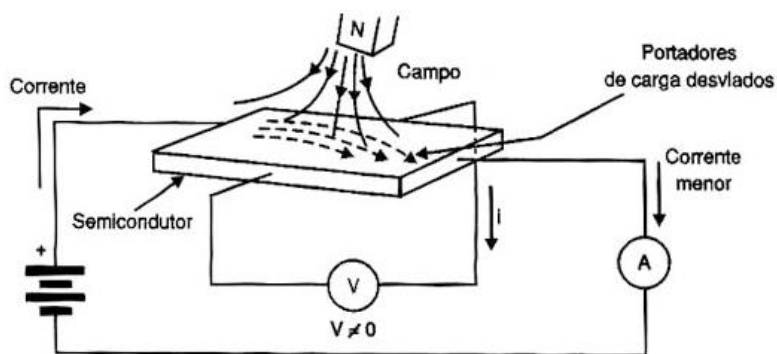
q = Carga elétrica;

v = Velocidade da carga;

B = Campo magnético

Assim, essa distribuição das cargas se modificará, conforme visto na figura 3.

Figura 3 - O semicondutor sob a ação do campo magnético.



Fonte: Adaptado de (NEWTON C BRAGA, 2019)

Dessa maneira, a corrente que circulará pelo dispositivo se torna menor, já que sua resistência foi aumentada, podendo assim ser detectado por um amperímetro ligado ao circuito.

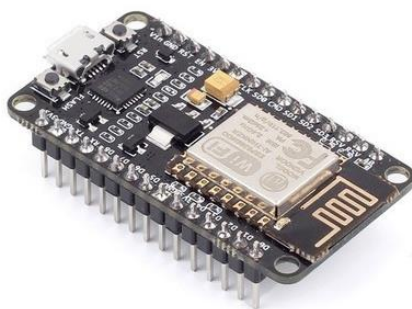
O sensor de corrente SCT-013 funciona exatamente como descrito acima, sendo utilizado em vários projetos, se tornando uma maneira viável economicamente e por ser um componente não invasivo.

2.6. NodeMCU ESP8266

O *NodeMCU* é uma placa com o microcontrolador ESP8266 da empresa chinesa *Espressif* que diferentemente de várias outras no mercado já possui o *Wi-fi* integrado.

A placa é uma plataforma *open source* da família ESP8266 para ser utilizado no desenvolvimento de vários projetos de *IoT*. Ele possui regulador de tensão, conversor serial/USB e identificação de pinos.

Figura 4 - NodeMCU ESP8266

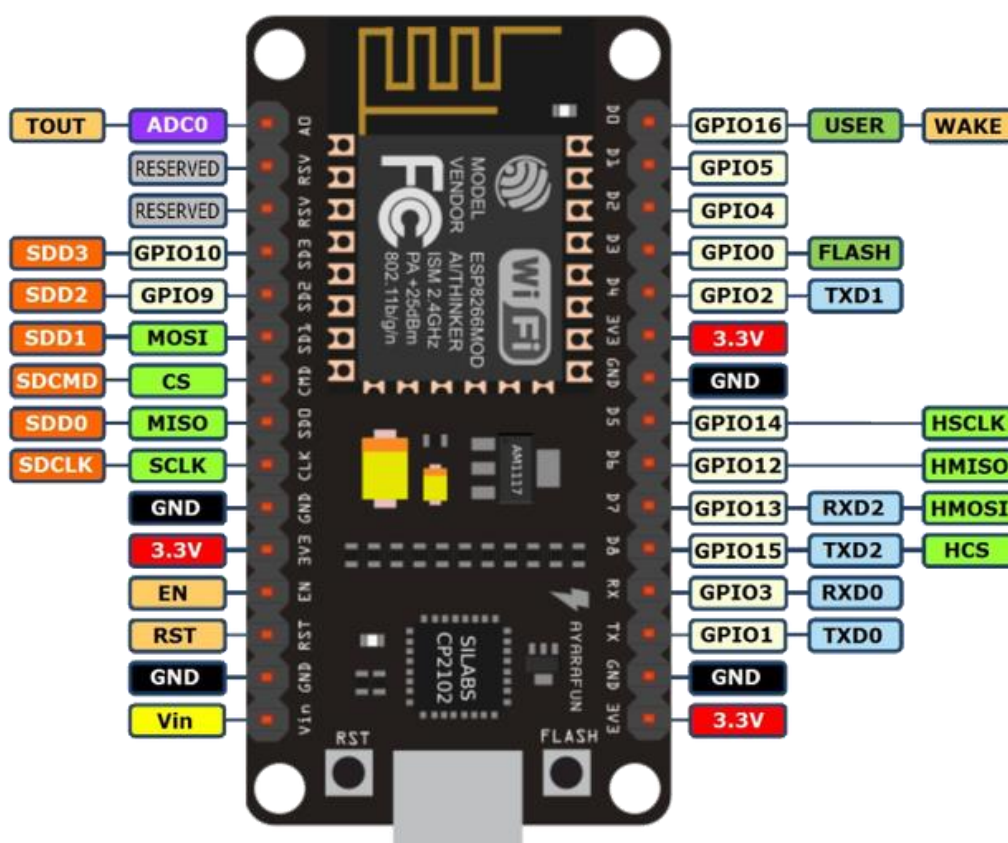


Fonte: Adaptado de (VIDA DE SILICIO, 2019)

Possui 64Kb de memória *RAM* de instruções, e 96kB de dados, seu *Flash SPI* Externo varia de 512kB a 4MB.

Ela também conta com 16 pinos de entradas e saídas (*GPIO – General Purpose Input Output*) e uma *CPU 32-bit RISC*.

Figura 5 - Pinout NodeMCU ESP8266



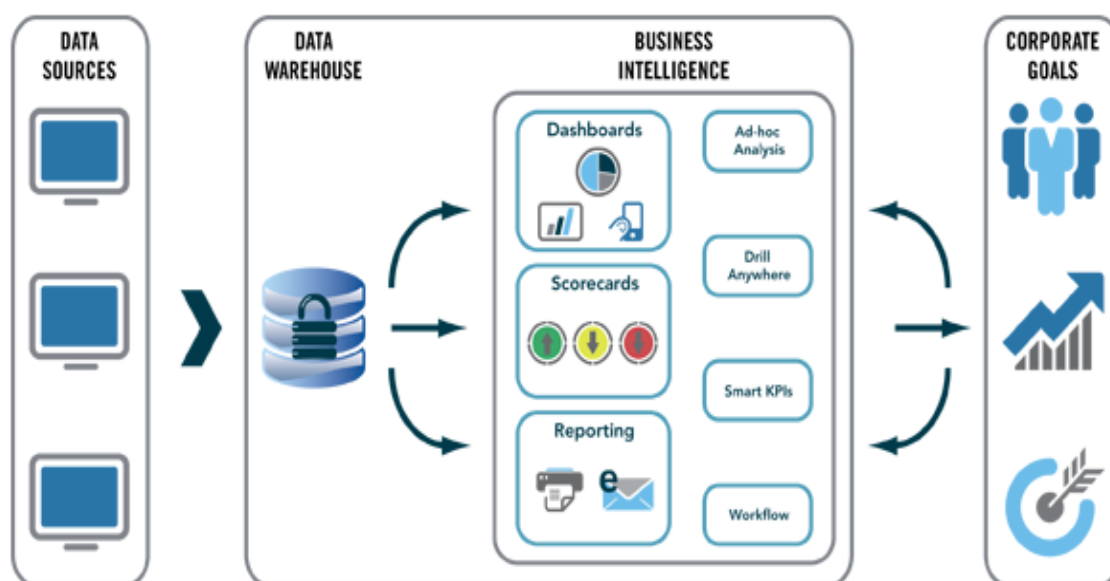
Fonte: Adaptado de (IOT BYTES, 2016)

Outro diferencial, se dá pelo fato de que ela pode ser programável tanto na linguagem *LUA* ou também pela *IDE Arduino*, facilitando assim, projetos de baixos custos, e tornando-se viável para utilização, já que as duas opções de programação atendem diversos tipos de usuários, quando se refere a conhecimento prévios de linguagens de programação.

2.7. Business Intelligence

Business intelligence, da sigla BI, é um termo bastante recorrente nos últimos anos. Do português, inteligência de negócios, o BI consiste em um conjunto de estratégias que englobam a captura e análise de dados, para processos de tomada de decisão.

Figura 6 - Fluxo de processos *Business Intelligence*



Fonte: Adaptado de (TAKE FIVE CONSULTING, 2017)

O uso dessa ferramenta traz vários benefícios para a organização que a utiliza, como redução de custos, aumento do faturamento, melhoria nas rotinas, identificação de falhas, otimização do processo, e uma prevenção e gestão de riscos.

Com o avanço de ferramentas computacionais, o volume de dados também aumentou, e hoje várias empresas tomaram iniciativas em desenvolvimento de softwares de *business intelligence*, facilitando na interpretação dos dados de seus clientes. Como exemplo, podemos citar a IBM que trouxe a IBM Watson Analytics, a Microsoft com o Power BI, o Google Data Studio, Tableau, Qlik, dentre vários outros disponíveis no mercado.

O uso de cada exemplar, depende da necessidade do problema, do orçamento, bem como a quantidade de pessoas envolvidas na utilização do *software*.

Antes do uso de ferramentas de *business intelligence*, o tempo gasto para preparação de relatórios de desempenho era muito grande, fazendo com que as pessoas reservassem muito de tempo de trabalho. Com o surgimento desses primeiros *softwares*, a produtividade nas indústrias aumentou, já que se poderia focar em outras atividades. O mesmo ocorre para a parte residencial, em que os usuários podem interpretar informações a respeito dos aparelhos domésticos mais rapidamente.

2.7.1. Microsoft Power BI

O Power BI é um *software* desenvolvido pela Microsoft que utiliza as ferramentas de *business intelligence*. Através de um serviço de SaaS (*Software como Serviço*), possui versões *Desktop*, *online* e aplicativos móveis, buscando agregar todos os ambientes em uma única ferramenta.

Através de serviços na nuvem, ele oferece recursos de *data warehouse*, incluindo preparação de dados de diversas fontes, como SQL Server, Oracle, Access, Excel; tratamento de dados como forma de organização e modelagem do que é relevante ou não para o relatório; e interações através de painéis e *dashboards*.

Através da versão *online* e da criação de *gateways* específicos, o usuário consegue compartilhar os relatórios criados, fazendo que várias pessoas de várias localidades tenham acessos aos seus *dashboards*.

Como forma resumida, sua versão *Desktop* apresenta três menus que são fundamentais para o processo final.

O primeiro deles é chamado de modelo, que basicamente trata da relação entre as fontes de dados, como exemplo, o relacionamento de tabelas. Através dele, e do editor de consultas, o usuário busca modelar sua base, para que o algoritmo de BI do *software*, disponibilize funções capazes de oferecer um tratamento para o relatório.

A parte de dados, basicamente lista todos os dados que o usuário possui, dando uma visão macro, sobre quais informações ele pode gerar, e o que ele deseja filtrar ou não para os futuros *dashboards*.

Como última parte, o Power BI disponibiliza, a parte de relatórios, que é responsável pela criação e desenvolvimento de gráficos, tabelas, indicadores, ou seja, tudo aquilo que irá compor o trabalho final. Nessa parte, o usuário dispõe de todos os recursos do *software*, para manipular o relatório conforme seu gosto e criatividade.

De uma forma geral, o *software* é de simples navegação, permitindo assim que mesmo um usuário leigo consiga construir um relatório de certa relevância para determinada ocasião.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo será abordado todo o desenvolvimento do projeto proposto, desde a montagem do circuito eletrônico até a configuração dos *softwares* de supervisão e tratamento de dados. Será explorado com detalhes os componentes a serem utilizados, e quais os parâmetros que serão estudados.

3.1. Montagem do circuito eletrônico

O projeto proposto é de fácil instalação, utilizando poucos componentes eletrônicos e ocupando pouco espaço físico.

Para a confecção do circuito, utilizou-se a placa *NodeMCU ESP 8266* devidamente ligada ao sensor de corrente de efeito *Hall*. O sensor *SCT-013* possui vários modelos. Utilizou-se para esse projeto, aquele que possuía a saída com variação por corrente, o que facilitaria na configuração do circuito.

Tabela 1 - Variações de corrente do *SCT-013-000*.

<i>SCT-013-000</i>	
<i>Input Current</i>	0-100A
<i>Output type</i>	0-50mA

Fonte: Adaptado de (VIDA DE SILICIO, 2017)

Com tais valores, é possível identificar a taxa de variação de corrente. Para isso, basta dividir o valor máximo de saída pelo valor máximo a ser medido.

No caso do *SCT-013-000* temos que:

$$\frac{0,05}{100} = 0,0005 = 0,5 \text{ mA} \quad (3)$$

Assim, a cada *ampere* para mais ou para menos, a saída oscilará de 0,5mA.

O *SCT-013*, no entanto, possui sua alimentação através de um cabo P2, ou seja, deve ser ligado diretamente a fonte positiva da *NodeMCU* e aterrada; o exemplo de um cabo P2 é demonstrado pela figura 7. Para isso, foi colocado

um adaptador de entrada P2, a fim de que preservasse o aspecto estético do circuito.

A alimentação externa do circuito foi feita através de um cabo *micro-USB* comum, enquanto a comunicação da placa com o computador foi realizada por meio da rede *wi-fi*, no qual a placa enviava dados em uma determinada frequência com o valor instantâneo da corrente aferida no equipamento. A figura 7 demonstra os cabos P2 e *micro-USB* utilizados para a ligação dos componentes eletrônicos.

Figura 7 - Cabo P2 e *micro-USB*

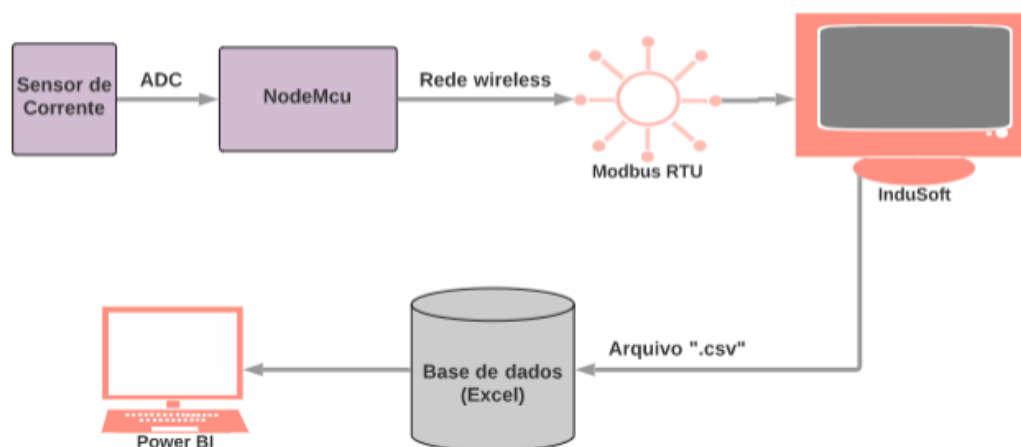


3.2. Configuração do sistema supervisorio e comunicações

Após toda a montagem da *NodeMCU* com o sensor de corrente, foi estudado qual o melhor protocolo de comunicação para tal situação. A escolha pelo *Modbus RTU*, foi feita devido à simplicidade de implementação, já que o *Indusoft* apresenta um *driver* com as configurações ASCII/RTU implementadas, bem como a fácil integração em outros *softwares*, permitindo o uso do trabalho em projetos futuros.

O diagrama demonstrado na figura 8, demonstra toda a arquitetura do projeto, o caminho desde a coleta até o tratamento dos dados.

Figura 8 - Diagrama de blocos do protótipo.



Através da programação na IDE própria para o microcontrolador, criou-se todas as instâncias necessárias para a obtenção dos dados de corrente do sensor. Definiu-se uma taxa de intervalo de amostragem de dados de 100 milissegundos, evitando assim, erros nas medições, e uma fluência melhor no volume dos dados que chegavam até o computador.

A vantagem na utilização do *NodeMCU*, se deve ao fato dele possuir um ponto de *wi-fi* embutido, fazendo com que o computador comunicasse em poucos milissegundos com uma rede privada. O projeto atendia os requisitos necessários para o bom funcionamento, bem como o alcance da rede sem fio.

Para a configuração do *InduSoft* como sistema supervisório, primeiramente foi obtido uma licença para a utilização de todos os recursos disponíveis pelo *software*. Tal licença foi adquirida por meio do vínculo da empresa com a Universidade Federal de Uberlândia, permitindo assim, uma ferramenta didática com várias aplicações.

Disponíveis todos os recursos, estipulou-se o modo de comunicação entre o supervisório e a IDE que buscava os dados da placa *NodeMCU*. Criou-se então um *driver* com o uso do protocolo *Modbus ASCII/RTU*, que também havia sido configurado pela IDE da placa, permitindo a comunicação através dos registradores de endereço.

Dentro do menu de configurações do *driver*, foi criado uma *tag* chamada "Sensor de corrente" com o endereço de comunicação da IDE, e definindo

também o tamanho de sua variável, para obtenção dos valores dos dados de forma correta.

Com toda a base estabelecida, iniciou-se o desenho da tela principal do *InduSoft*, pensando em todos os campos que seriam necessários para a correta obtenção dos dados da IDE, bem como a armazenagem dos dados.

Para isso foi criada, com um gráfico de tendências, um visor do atual valor da medição da corrente, bem como botões que permitiam a armazenagem desses dados em uma base, e um botão para encerramento do supervisão, conforme a figura 9.

A figura também registra o atual momento de medição de corrente em um ventilador residencial. Nota-se que o intervalo de registro do gráfico de tendência é ajustado pelo próprio usuário, que nesse caso tinha um período de 30 segundos.

Figura 9 - Interface Sistema Supervisório



No gráfico de tendências foi estipulado o intervalo de amostragem dos dados, e o *range* também foi configurado tanto para o gráfico quanto para o visor. Assim, de maneira clara o usuário consegue perceber a modificação no valor de corrente, quando por exemplo, em algum equipamento é colocado uma velocidade, ou melhor, uma potência diferente.

O botão chamado "Save" foi criado a partir de uma linguagem em *VBScript*, usando funções previamente configuradas do supervisão, para que

fossem armazenados os dados de corrente em um intervalo de tempo desejado pelo usuário, já estabelecido na programação.

Assim, ao clicar no botão, o *InduSoft* gerava em um arquivo “.csv” dados coletados pelo sensor, formando assim toda a base de dados que serão tratados pelo Power BI.

3.3. Estudo dos parâmetros residenciais

Antes do tratamento de dados, realizou-se um estudo de todos os circuitos da residência, para que após as medições, concluísse, se os circuitos estavam bem dimensionados.

Os circuitos da residência analisada se dispõem da seguinte forma, como mostrada na tabela 2.

Tabela 2 - Disjuntores por circuito

<i>Circuito</i>	<i>Descrição</i>	<i>Disjuntor</i>
1	Disjuntor Geral	D80A
2	Dispositivo DR	C15
3	Iluminação Cozinha/Sala/Terraço/Circ./BH/Dormitórios 01 e 02 e Suíte	C15
4	Tomada Ar-Condicionado Suíte	C15
5	Tomadas Sala/Circ./BH/Dormitórios 01, 02 e Suíte	C15
6	Tomadas Cozinha	C15
7	Tomadas Cozinha/BH Social/BH Suíte	C15
8	Tomada MSR	C15
9	Tomada Chuveiro Suíte	C40
10	Tomada Chuveiro Social	C40

A casa é alimentada somente em 220V, e como analisado na tabela 2, contém sete disjuntores de mesma capacidade, dois de 40A para os chuveiros, além do disjuntor geral.

Também foram realizados, estudos das disposições de lâmpadas e tomadas da residência, como mostrado na tabela 3, verificando assim uma melhor distribuição dos equipamentos em cada circuito.

Tabela 3 - Lista de tomadas e lâmpadas por cômodo

Cômodo	Tomadas	Observações	Lâmpadas
Banheiro Social	2	Uma para o chuveiro (20A)	1
Banheiro Suíte	2	Uma para o chuveiro (20A)	1
Corredor	1		1
Cozinha	8		4
Dormitório 01	3		1
Dormitório 02	2		1
Dormitório Suíte	4	Uma para o ar-condicionado	1
Sala	4		4
Terraço	0		1

Criou-se também uma relação de vários equipamentos que foram mensurados pelo sensor, os cômodos (circuitos) relacionados, e sua potência nominal de acordo com as informações do *datasheet* de cada equipamento. A tabela 4, apresenta tais informações, de acordo com os dados de fábrica de cada aparelho, para posterior comparação com a real corrente consumida.

Tabela 4 - Relação de corrente mensurada por equipamento

Cômodo	Equipamento	Potência (W)	Corrente (A)
Chuveiro social	Chuveiro Lorenzetti 2	6800	28,1
Chuveiro suíte	Chuveiro Lorenzetti	5500	24,3
Cozinha	Micro-ondas Brastemp	-	6,7
Cozinha	Geladeira Consul	-	0,17
Dormitório 01	Ventilador <i>Silence</i> Force 30cm	60	0,31
Dormitório 01	Monitor LG <i>Flatron</i>	24	0,12
Dormitório 02	Televisão 42"	102	0,45
Dormitório suíte	Ventilador Maxi Power 40cm	80	0,42
Sala	Home Theater 5.1	60	0,24
Sala	Televisão 42"	102	0,45
Sala	Ferro de Passar Roupas	1200	3,81

Para uma melhor análise do consumo de energia residencial, importou-se também as faturas de energia elétrica pela concessionária dos últimos 5 anos, permitindo uma análise objetiva em função dos meses, e da quantidade de *kilowatts* consumida em cada período do ano. Assim foram extraídos de

todas as faturas de energia elétrica o preço pago pelo consumidor na fatura, o valor do *kwh* do mês vigente, o consumo de *kW*, e a quantidade de dias do intervalo da fatura.

3.4. O uso do Power BI como tratamento de dados

Até alguns anos atrás, a análise de tais consumos de corrente, provavelmente seriam analisados em gráficos simples, ou relatórios impressos. Com a alta demanda de dados de diferentes fontes, a necessidade por um *software* de indicadores de desempenho aumentou, e assim surgiu o Power BI para tal meio.

Com todas as tabelas formuladas em uma base sólida, bem como todos os dados coletados pelo sensor, deve-se importar todos estes para o *Power BI*, para que assim, como primeiro passo, defina-se quais os dados serão relevantes para os relatórios finais.

A vantagem do Power BI como ferramenta de visualização, é notada nesse instante, pois pela própria configuração do *software*, já se diferencia automaticamente um dado de outro. A ferramenta de *business intelligence*, já consegue diferenciar, por exemplo, um dado de data com um dado de valores de consumo. Todo o tempo que seria gasto manipulando tais dados, o Power BI já facilita em muito o usuário, se importando em apenas deixar uma estrutura bem organizada em sua fonte, como diferentes dados em diferentes linhas.

A figura 10, exemplifica os primeiros passos que se deve analisar ao importar tabelas para o *software*. Chamada de “Editor de Consultas”, este editor do *Power BI*, permite navegar e configurar as tabelas, de forma que as manipule conforme necessário. Nesse menu, o usuário apresenta o maior domínio sobre seu relatório, já que qualquer modificação nessa parte, resultará em uma organização diferente no instante da montagem de gráficos e tabelas, como exemplo.

Figura 10 – Fonte de dados com editor de script do Power BI

The screenshot displays the Power BI interface with three main components:

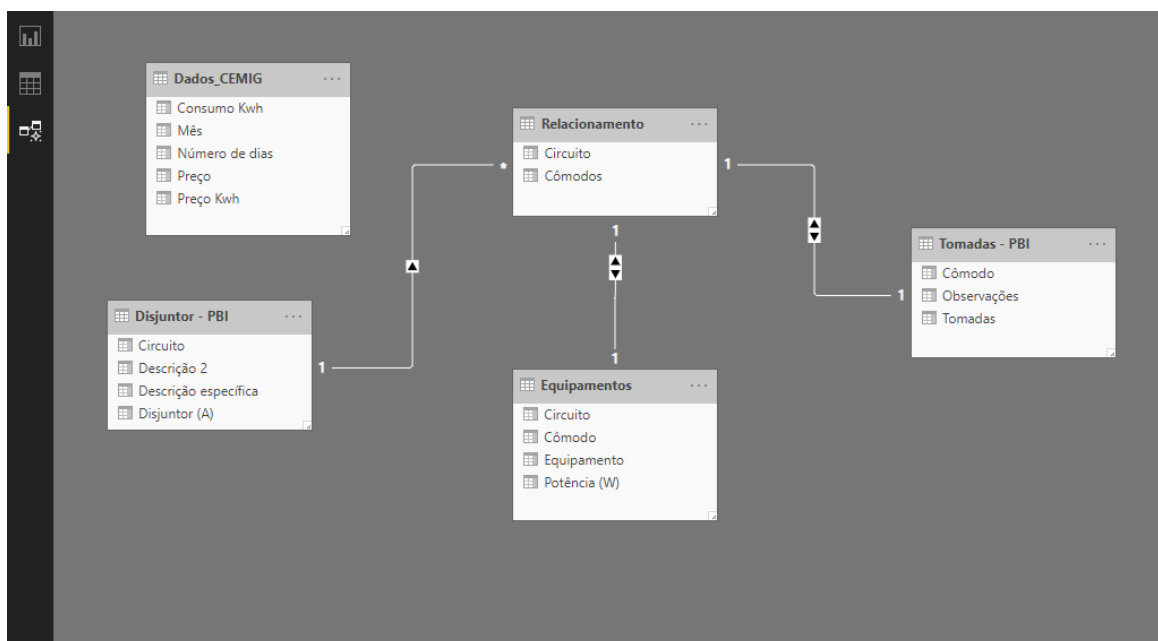
- Data Table:** A table with columns: Mês, Preço, Consumo Kwh, Preço Kwh, and Número de dias. It shows data for months from 01/12/2014 to 01/10/2015.
- Advanced Editor (Editor Avançado):** A window titled 'Dados_CEMIG' containing a DAX script. A red circle highlights the line: `#"Tipo Alterado" = Table.TransformColumnTypes(#"Cabeçalhos Promovidos",{"Mês", type date}, {"Preço", type number}, {"Consumo Kwh", Int64`. A red arrow points from this line to the 'Tipo Alterado' step in the Query Configuration pane.
- Query Configuration (CONFIG. CONSULTA):** A pane on the right showing the 'ETAPAS APLICADAS' (Applied Steps) for the query. The steps listed are: Fonte, Navegação, Cabeçalhos Promovidos, and Tipo Alterado. The 'Tipo Alterado' step is currently selected.

Como “Etapas Aplicadas”, tem-se todo o passo-a-passo que o usuário fez, desde a importação da tabela no diretório correspondente, até a etapa final. Nele, se configuram os filtros em determinadas colunas; definição de dados como texto, números ou datas; promove-se linhas como cabeçalhos, para que o *software* entenda onde se começa os dados; bem como a utilização da linguagem nativa do editor avançado.

Este último, demonstra por meio da linguagem do *software*, tudo que o usuário fez. Muitas das funções, já são implementadas com um simples clique em algum botão pela *interface*, no entanto, caso ele deseje programar de forma nativa, o Power BI também lhe concede esse recurso, como visualizado na correspondência da figura 10.

Após essa configuração, o usuário deve checar e relacionar corretamente as tabelas, através do menu “Modelo”, permitindo interligar tabelas que possuem colunas iguais, a fim de que os recursos de *BI* sejam executados de maneira correta, e gere informações correlacionadas com base em vários dados de diferentes fontes. A figura 11 demonstra o menu.

Figura 11 - Relacionamento de tabelas



Cada caixa representada pela figura 11 representa uma planilha diferente. A fim de explicação, a planilha de “Equipamentos” por exemplo, possui quatro colunas, mostradas como “Circuito”, “Cômodo”, “Equipamento” e “Potência (W)”.

A criação de uma planilha chamada “Relacionamento” foi realizada para facilitar, a ligação de várias planilhas diferentes, inserindo assim nessa planilha, colunas em comum com as demais. A planilha “Dados_CEMIG” não foi ligada com nenhuma, devido ao fato que ela independe das outras, ou seja, não é necessário relacionar um arquivo com o outro para que os KPIs sejam gerados de tais dados.

Como última parte, o menu de “Relatórios” aborda todo o segmento de confecção dos visuais e dos KPIs de corrente por cômodo e equipamento; e também de todos os dados abordados na fatura de energia elétrica, ficando a critério do usuário de como manipular os gráficos e tabelas que serão gerados.

Esse último menu será abordado na próxima seção, permitindo todas as análises sobre os dados recolhidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após todo os dados levantados por meio do supervisorio, as informações fornecidas pela concessionária de energia, os valores nominais dos equipamentos, bem como os mensurados por etapa através de uma única placa *NodeMCU*, construíram-se os dashboards, conforme as figuras 12 e 13.

Os valores recolhidos foram obtidos através de uma média dos dados de um intervalo de 20 segundos de aferição.

Figura 12 - *Dashboard* para análise de faturas de energia elétrica

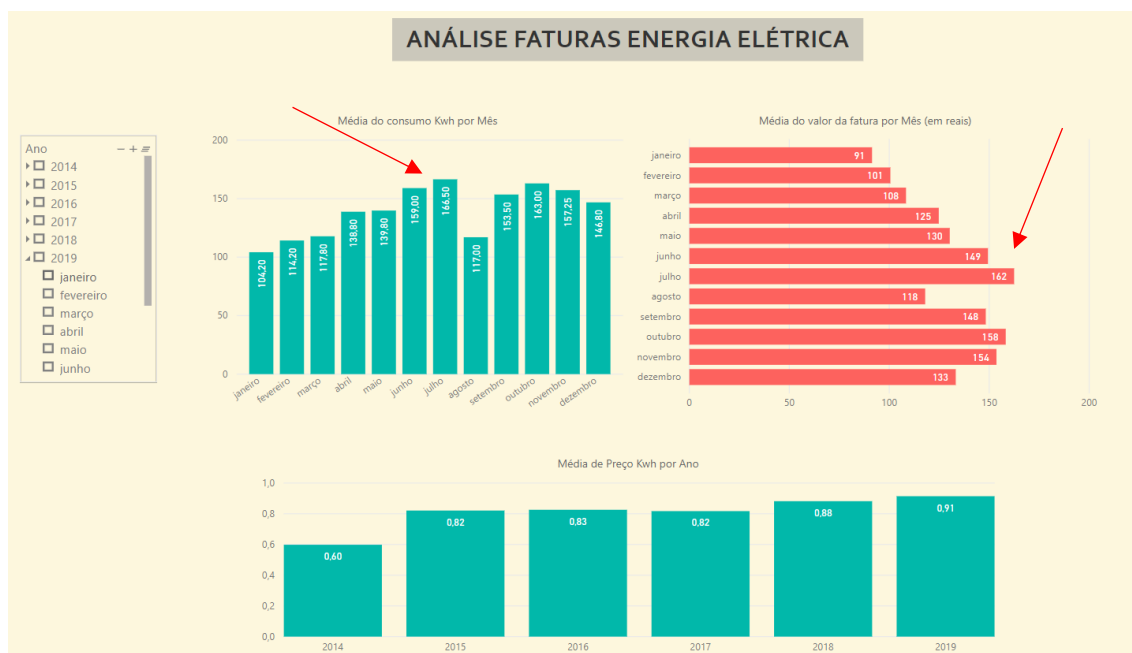
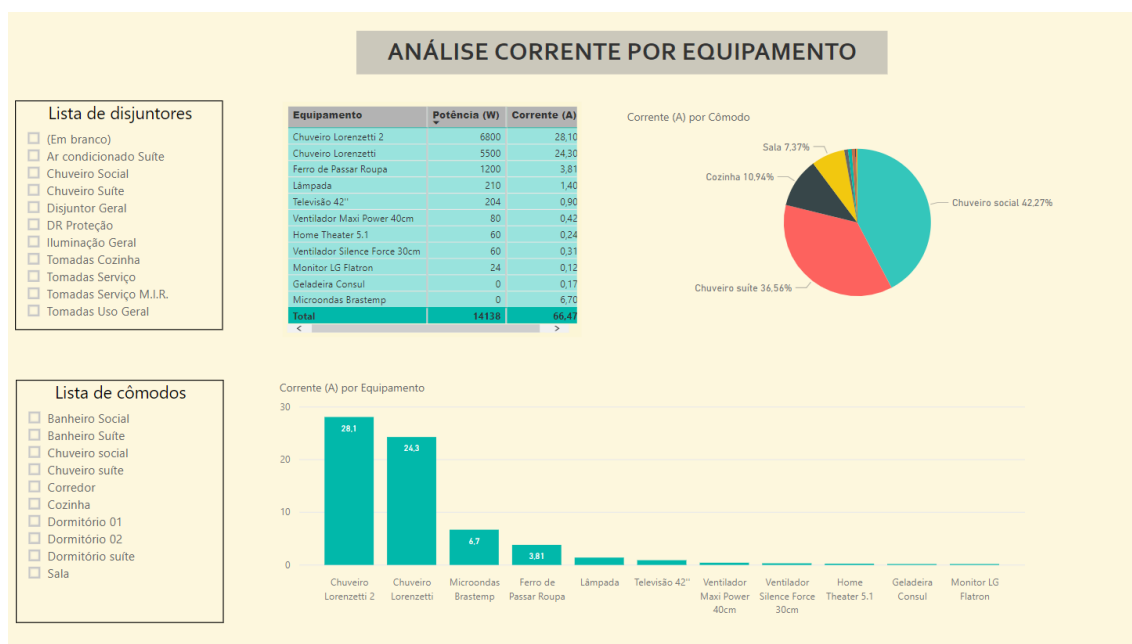


Figura 13 - *Dashboard* para análise de corrente por equipamento



Por meio da análise da figura 12, permite-se identificar ciclos de consumo de energia na residência. Com base no histórico de cinco anos, os indicadores gerados no Power BI, possibilita também uma análise matemática de previsibilidade de gasto.

É possível observar sazonalidades no consumo, principalmente nos meses do meio do ano. A explicação para esse fato, se deve à época, já que nestes meses, a estação predominante é o inverno, acarretando banhos com os chuveiros em potência máxima. O mês de janeiro também foi observado como sazonal, já que neste mês as pessoas que residem na casa estão de férias, levando assim a faturas mais baratas.

Dessa forma, com tais informações na parte de faturas de energia elétrica, já possibilitaria o consumidor, a prever o orçamento dos meses em um ano.

Através da figura 13, analisou-se o aspecto do consumo de corrente, bem como a análise dos circuitos elétricos da casa, observando uma demanda alta nos disjuntores dos chuveiros. Com especificação de tomadas de 20 amperes, observou-se que a potência e consumo de corrente instantâneo dos equipamentos estavam bem acima das recomendadas, necessitando a troca por chuveiros de menores potência. O caso mais grave acontecia no chuveiro social, que possuía um consumo maior que o da suíte.

A corrente nos demais aparelhos apresentava um consumo esperado e bem abaixo da capacidade máxima de cada ponto de tomada e disjuntor, permitindo a atual ligação dos equipamentos.

Foi observado também, o comportamento de determinados aparelhos, quando a potência dele variava. Um dos testes foi realizado em um ventilador de 60 *watts*, monitorando o consumo de corrente dele, quando alterava-se as velocidades, buscando entender qual a velocidade correta em relação ao consumo. A figura 9 demonstra graficamente tal variação de corrente e os resultados obtidos foram os seguintes com base na média das amostragens recolhidas:

Tabela 5 - Corrente do ventilador em função da velocidade

Potência ventilador	Corrente média (A)
Mínima (velocidade 1)	0,227
Média (velocidade 2)	0,268
Máxima (velocidade 3)	0,313

Observando a tabela 5, percebe-se uma mudança quase que constante da corrente, quando se muda a velocidade do ventilador. Quando comparado o valor na fatura de energia elétrica, tal variação não é tão expressiva, no entanto, o uso de mais ventiladores, micro-ondas, máquina de lavar, nas potências ideais para o uso, a economia passa a ser significativa.

Esta informação é bem importante, pois tais dados geralmente não vêm especificado em manuais de equipamentos, ou muita das vezes, o consumidor acredita que tal mudança, não alterará tanto o consumo.

O *dashboard* criado é de fácil navegação, permitindo que o usuário determine filtros, selecionando opções que lhe mais convém, fazendo assim, análises criteriosas em função de algum disjuntor, cômodo, equipamento ou fatura de energia.

Em relação ao custo dos equipamentos implementados no projeto, têm-se uma seguinte estimativa, conforme a tabela 6.

Tabela 6 - Orçamento do projeto

Item	Preço (R\$)
Sensor de corrente SCT-013	R\$ 19,89
NodeMCU ESP8266	R\$ 10,55
Protoboard de 400 pontos	R\$ 6,87
Componentes eletrônicos (resistores, capacitores, cabos, adaptadores)	R\$ 5,00
TOTAL	R\$ 42,31

Os valores foram obtidos através de uma média de vários *sites* que disponibilizavam tais equipamentos. O total de R\$ 42,31 com os componentes é válido quando usado o projeto por vários meses, diluindo assim, os gastos na compra com a economia mensal por meio das análises e ações corretivas ou preditivas.

Para uma confecção do circuito eletrônico mais bem elaborada e livre de choques elétricos, recomenda-se que o usuário construa caixas de proteção para adaptar e colocar os cabos e componentes. Em um projeto futuro, recomenda-se também que o usuário implemente mais microcontroladores, facilitando as medições, para que possa monitorar vários equipamentos em uma única etapa.

Foi realizado um teste de confiabilidade do sensor. Comparou-se valores mensurados em dois aparelhos domésticos tanto pelo SCT-013 quanto com um alicate amperímetro, o resultado é demonstrado pela tabela 7.

Tabela 7 - Comparação corrente SCT X amperímetro convencional

	SCT-013	Alicate amperímetro Brasfort
Micro-ondas	6,7	6,5
Ferro de passar roupa	3,8	3,7

Observando os dois resultados, nota-se que a diferença entre os dados, permaneceu na faixa de 5%. Tal variação se explica por conta da calibração interna de cada equipamento, no entanto, essa margem permite o uso do sensor como fonte confiável para tomada de decisões.

Os protocolos de rede para a comunicação se mostraram adequados ao projeto, sendo necessário se atentar ao intervalo de amostragens de dados, para que se tenha uma clareza dos dados que estão sendo recolhidos e uma melhor precisão.

5. CONCLUSÕES

Com base no estudo do avanço da tecnologia nos últimos anos, notou-se a implementação de vários recursos que facilitam nosso dia-a-dia, ficando a critério do usuário, quanto ele pretende investir, e quanto ele espera de retorno. O orçamento deste projeto, permite que em poucos meses a rentabilidade seja notada, já que aparelhos de alto consumo serão facilmente visualizados.

De forma geral, o projeto como um todo se mostrou bastante eficiente quando utilizado em uma residência comum. O uso de Power BI nessa circunstância, demonstrou que o *software* também pode ser utilizado fora do mundo empresarial, facilitando em muito a rotina diária.

A tratativa de dados com uma base sólida e um supervisor bem configurado, permite que vários usuários tenham informações importante de sua residência que levarão como fatores cruciais para a tomada de ações. O uso do InduSoft como exemplo, demonstra também a facilidade para que o usuário implemente o projeto, já que com um conhecimento prévio do supervisor, é possível manipular as configurações.

O uso da tecnologia barata de monitoramento e ferramentas de *business intelligence*, leva o usuário a uma segurança e outra perspectiva sobre a parte elétrica residencial. Uma análise conforme descrita no projeto, torna a domótica em outro patamar, pois além do monitoramento permite que o usuário tenha disponível relatórios de conclusões.

O uso de faturas de energia elétrica como exemplo, demonstra uma importante funcionalidade da ferramenta de *business intelligence*, uma vez que, com cinco anos de faturas, seria muito difícil o consumidor tirar uma conclusão. Com uma construção rápida por meio do software, o usuário pode tomar medidas a partir dos KPIs gerados.

Desse modo, o projeto atendeu as expectativas e foi configurado corretamente como proposto para uma otimização de desempenho e simplicidade na domótica.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, Fabrício. Tudo sobre a NOVA e antiga pirâmide da automação industrial! Disponível em: <<https://automacaoecartoons.com/2018/01/11/piramide-da-automacao-industrial/>>. Acesso em: 18 fev. 2019

AUGUSTO, Heber. Sistema Supervisório: Entenda o que é. 2016. Disponível em: <<https://www.hitecnologia.com.br/blog/sistema-supervisorio-entenda-o-que-e/>>. Acesso em: 26 mar. 2019.

BRAGA, Newton C. Como funcionam os sensores de Efeito Hall. 2019. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/6640-como-funcionam-os-sensores-de-efeito-hall-art1050>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

CARVALHO, Marcos Civiletti de; SCHUINA, Camila. Desenvolvimento de Amperímetro Alicates Baseado em Magnetômetros GMR para Medição de Correntes Elétricas Contínuas. 2015. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2015/relatorios_pdf/ctc/ELE/ELE-Marcos%20Civiletti%20e%20Camila%20Schuina.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2019.

DEMETRAS, Ezequiel. SCT-013 - SENSOR DE CORRENTE ALTERNADA COM ARDUINO. 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>>. Acesso em: 03 mar. 2019.

FREITAS, Carlos Márcio. Protocolo Modbus: Fundamentos e aplicações. 2014. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/protocolo-modbus/>>. Acesso em: 27 mar. 2019.

INDUSOFT. História Indusoft. 2019. Disponível em: <<http://www.indusoft.com.br/Empresa>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

KENSHIMA, Gedeane. NodeMCU ESP8266 com Sensor Ultrassônico HC-SR04. 2017. Disponível em: <<http://blog.baudaeletronica.com.br/integrar-sensor-ao-nodemcu-esp8266/>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

LING, Zhihao; YU, Jinshou. The design of SCADA based on industrial Ethernet. In: Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Control and Automation (Cat. No. 02EX527). IEEE, 2002. p. 2786-2789.

MORALES, Clayton. Indicadores de consumo de energia elétrica como ferramentas de apoio à gestão: classificação por prioridades de atuação na Universidade de São Paulo. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MOREIRA, Esdras. Business Intelligence: saiba o que é e como ajuda a sua empresa. 2018. Disponível em: <<http://introduceti.com.br/blog/o-que-e-bi-business-intelligence/>>. Acesso em: 18 maio 2019.

MOTT, Anderson. O que são sistemas supervisórios? 2012. Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/o-que-sao-sistemas-supervisorios/>>. Acesso em: 27 mar. 2019.

OLIVEIRA, Greici. NodeMCU – Uma plataforma com características singulares para o seu projeto IoT. 2016. Disponível em: <<http://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/nodemcu/node-mcu-uma-plataforma-com-caracteristicas-singulares-para-o-seu-projeto-iot/>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

POLITO, Rodrigo. Consumo de energia no país cresce 3,8% em janeiro, aponta EPE Disponível em: <<https://www.valor.com.br/brasil/6142813/consumo-de-energia-no-pais-cresce-38-em-janeiro-aponta-epe>>. Acesso em: 01 mar. 2019.

SENSOR de efeito hall. Disponível em: <http://https://pt.wikipedia.org/wiki/Sensor_de_efeito_Hall>. Acesso em: 20 fev. 2019.

SOUZA, Rodrigo Barbosa de. Uma arquitetura para sistemas supervisórios industriais e sua aplicação em processos de elevação artificial de petróleo. 2005. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

TAKE5ADMIN. Top Business Intelligence tools for mortgage banking in 2018. 2017. Disponível em: <<https://www.takefiveconsulting.com/top-business-intelligence-tools-for-mortgage-banking-in-2018/>>. Acesso em: 18 maio 2019.