PEDRO PAULO DE SOUZA ALVES

PROJETO DE INOVAÇÃO NA AUTOMATIZAÇÃO DE MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

2018

PEDRO PAULO DE SOUZA ALVES

PROJETO DE INOVAÇÃO NA AUTOMATIZAÇÃO DE MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica

Área de habilitação: Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Dr. Josué Silva de Morais

Uberlândia - MG
2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela graça da vida concedida a mim, para que eu possa buscar conhecimento sob sua proteção.

Agradeço também ao apoio de minha família no decorrer de toda a trajetória de minha graduação, por todo empenho em minha vida acadêmica e suporte incondicional nos momentos em que mais precisei.

Muito grato sou pela oportunidade de aprender e conviver com meus professores, especialmente ao meu professor orientador Dr. Josué Silva de Morais, que com empenho e paciência me guiou no decorrer deste trabalho.

Agradeço a meus amigos e namorada que compartilharam desta caminhada em busca do conhecimento comigo.

De maneira geral, agradeço a todos que convivi e pude aprender, pois com certeza contribuíram para a finalização deste curso de graduação que inicia também mais uma etapa na busca pelo conhecimento e realizações profissionais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem detalhada de um medidor analógico 13
Figura 2 - Principio de funcionamento analógico..... 13
Figura 3 – Diagrama de ligação..... 14
Figura 4 - Formas de ondas e rotação de disco do medidor analógico..... 14
Figura 5 - Tabela de grandezas elétricas NANSEN..... 16
Figura 6 - Medidor PN5T-G..... 16
Figura 7 - Medidor eletromecânico T8L ABB..... 16
Figura 8 - Principio de funcionamento medidor eletrônico..... 17
Figura 9 - Especificações técnicas e medidor SPECTRUM K ART..... 18
Figura 10 - Diagrama de ligação direta..... 18
Figura 11 - Diagrama de ligação indireta..... 19
Figura 12 - Especificações técnicas e medidor MULT K 30 kWh 19
Figura 13 - Diagrama de medição direta 20
Figura 14 - Diagrama de medição indireta 21
Figura 15 - Montagem da rede RS485 mester-slave 22
Figura 16 - Diagrama de funcionamento MODBUS RTU 23
Figura 17 - Rede Smart Grids..... 24
Figura 18 - Medidores analógicos 25
Figura 19 - Tabela de levantamento de medidores 25
Figura 20 - Central de comunicação gateway 26
Figura 21 - Faseamento de projeto 27
Figura 22 - Sequencimetro 28
Figura 23 - Painel de medidores MULT K30 28
Figura 24 - Rede de comunicação..... 29
Figura 25 - Consumo loja..... 31
Figura 26 - Fator de potência loja..... 31
Figura 27 - Fator de carga loja..... 31
Figura 28 - Demanda reativa loja 32
Figura 29 - Demanda Ativa loja 32
Figura 30 - Tabela de conferência de medição 1..... 34
Figura 31 - Tabela de medição de conferência 2..... 34
Figura 32 - Resultado..... 35

RESUMO

Os aparelhos de medição de energia elétrica, estão presentes na maioria das casas e habitações no mundo, desde de uma pequena sala comercial a uma grande indústria. O uso dele se faz de extrema importância para a verificação e cálculo do consumo de energia elétrica do circuito elétrico que está interligado junto a ele. Dentre os medidores de energia elétrica convencionais, vem se destacando medidores eletrônicos, onde através da eletrônica, conseguimos obter maiores facilidade e inovação na maneira usual de se medir energia elétrica. O emprego de medidores de energia elétrica junto com redes de comunicação de dados vem com o intuito não só de diminuir o número de ocorrências de falhas, mas principalmente para fornecer mais informações em tempo real do usuário da rede elétrica e a busca da inovação do sistema elétrico no mundo. O objetivo deste trabalho é apresentar o projeto desenvolvido da troca de medidores de energia elétrica eletromecânicos, por medidores eletrônicos inteligentes capazes de através de uma rede de comunicação RS485, fornecer o consumo de energia elétrica em tempo real de diversas lojas e circuitos de um shopping center, munindo tanto a equipe de gestão da operação da energia elétrica tanto o próprio lojista de uma gama de informações as quais irão contribuir para tratativas e um melhor entendimento do padrão do consumo.

Palavras-chaves: Medidores de energia elétrica; Comunicação RS485, Gestão de energia elétrica.

ABSTRACT

Electric power metering devices are present in most homes in the world, from a small trading room to a large industry. The use of it is of extreme importance for the verification and calculation of the electric energy consumption of the electric circuit that is interconnected next to it. Among the conventional electric energy meters, electronic meters have been highlighted, where through electronics, we have achieved greater ease and innovation in the usual way of measuring electric energy. The use of electric energy meters along with data communication networks comes with the intention not only of reducing the number of occurrences of failures, but mainly to provide more information in real time of the user of the electric network and the search for innovation of the system in the world. The objective of this work is to present the developed project of the exchange of electromechanical electric energy meters, by intelligent electronic meters capable of over an RS485 communication network, to provide the real time electricity consumption of several stores and circuits of a shopping mall , providing both the management team of the electric energy operation with the own shopkeeper of a range of information which will contribute to negotiations and a better understanding of the consumption pattern.

Keywords: Electric energy meters; Communication RS485, Power management.

Sumário

1. INTRODUÇÃO 8
   1.1 Objetivos 9
      1.1.1 Objetivo Geral 9
      1.1.2 Objetivos específicos 9
   1.2 Justificativa 10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 10
   2.1 Regulamentação de medidores de energia elétrica 11
   2.2 Tipo de Medidores 12
      2.2.1 Medidores eletromecânicos 12
      2.2.2 Medidores Eletrônicos 17
      2.3 Rede de comunicação RS485 21
      2.4 Protocolo MODBUS RTU 22
      2.5 Smart Grids 23
3. DESENVOLVIMENTO 25
   3.1 Escopo geral 25
4. RESULTADO E DISCUSSÕES 33
5. CONCLUSÕES 35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 36

1. INTRODUÇÃO

Em meados do século XVIII, uma nova área da ciência tomou a curiosidade de vários cientistas, fazendo como que a partir do século XIX, fosse foco para diversas descobertas sobre os fenômenos elétricos. A partir dai, os estudos sobre eletricidade se intensificaram de uma maneira intensa, fazendo com que o desenvolvimento tecnológico mundial crescesse em larga escala fazendo com que o mundo se tornasse dependente deste tipo de energia.

A eletricidade tem uma expressividade bastante forte no cenário mundial atualmente, se tornando a principal fonte de força e calor de diversas atividades e setores. Hoje no Brasil, a energia hidroelétrica é a principal fonte de energia utilizada para produzir eletricidade no país. Atualmente, 90% da energia elétrica consumida no país advém de usinas hidrelétricas. Apesar disso, o país só utiliza 25% do seu potencial hidráulico.

Porém mesmo o Brasil tendo um potencial enorme para geração de energia elétrica, o aumento da demanda de consumo que vem crescendo de forma exponencial, fazendo com que a produção de energia elétrica por usinas hidroelétricas venha se tornando insustentável. Essas insustentabilidades vêm trazendo inúmeros problemas que fazem com que a tarifa paga pelo o consumo de energia em kWh venha aumentando também.

Segundo pesquisas, entre os anos de 2014 e 2016, o Brasil enfrentou uma das maiores crises hídricas da história (ANEEL, 2016), impactando também diretamente no aumento de custos de energia elétrica. Segundo dados (G1, 2016), a crise hídrica não deixou somente a conta de luz mais cara no ano de 2015 e 2016, como também um maior peso na inflação do país. O motivo principal destes aumentos se da a aumento de encargos setoriais em função da compra de energia termoelétrica, devido a falta de geração de energia elétrica através de usinas hidrelétricas para suprir a demanda.

Dado esses problemas, começou-se a se perguntar então qual seria a maneira mais adequada de medir o consumo de energia elétrica em cada unidade consumidora.
Do contexto brasileiro, a maioria do fornecimento de energia elétrica é dado ao setor residencial, sendo que a maioria destes consumidores utilizando medidores eletromecânicos para medirem seu consumo de energia elétrica. Segundo dados da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), das 64 concessionarias de energia elétrica atendendo 45 milhões de unidades consumidoras, cerca de 40 milhões são destinadas a unidades consumidoras residenciais, representando cerca de 85% da produção total.

Atualmente, o Brasil conta com cerca de 67 milhões de medidores de energia elétrica eletromecânicos que vem a cada vez mais caindo em desuso, devido ao inicio de implantação de medidores digitais com redes inteligentes no Brasil. Estas redes inteligentes (*smart grids*), vem se tornando ferramenta essencial para o gerenciamento do sistema elétrico nacional.

Smart Grids são redes elétricas inteligentes que promovem a melhoria na gestão da energia elétrica, através da comunicação de todos os equipamentos que estão conectados nesta rede, dando a opção de acompanhamento do consumo de energia

elétrica em tempo real, podendo ser enviado e recebido informações e configurações da rede de forma remota. Com estas redes é possível implementar tarifas diferenciadas para consumidores residências, ter uma maior iteração e melhor entendimento do consumidor com a conta de energia e poder prevenir possíveis danos a rede de energia elétrica.

Visando esse cenário da modernização das medições tradicionais de energia elétrica, será proposto um sistema completamente automatizado de medição de um centro de medição em um *shopping center,* ao qual será desenvolvido através da troca de medidores eletromecânicos por medidores eletrônicos.

Essa troca será complementada com uma rede de comunicação RS485 MODBUS RTU, que será interligada em toda saída de comunicação RS485 dos medidores vigente na planta do empreendimento. A comunicação será feita através da arquitetura mestre-escravo e o ponto focal desta implantação será o estudo realizado encima do projeto, visando a fidelidade das medições obtidas no âmbito de antes e depois do projeto.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é o de apresentar a execução do projeto de implantação de medidores automatizados e criação de uma rede de comunicação entre esses medidores através de uma rede de comunicação RS485 em um centro comercial, um *Shopping Center*, garantindo que todas as medidas obtidas anteriormente nas leituras manuais sejam fidedignas as leituras de consumo obtidas no sistema supervisório.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Entender o conceito do funcionamento dos tipos de relógio de medição de consumo de energia elétrica;
2. Compreender a necessidade da implantação de um sistema de medição inteligente e autônomo;
3. Analisar a situação atual da rede de medição aplicada;
4. Buscar conceitos inovadores que possam contribuir para o sistema *smart grids*;
5. Abordar o método de funcionamento dos medidores autônomos que serão aplicados;
6. Realizar análises de garantias de medição do sistema antigo com o sistema atual que foi implementado;

1.2 Justificativa

O sistema atual de medição de energia de um *shopping center*, vem se mostrando falho em diversos sentidos, seja por atraso no fechamento das leituras manuais mensais ou pela falta de segurança passada para os lojistas quanto a energia que eles consomem mensalmente. A falta de visibilidade do estado dos medidores que aferem a energia é um problema recorrente que causa desconforto na hora de realizar o fechamento mensal do consumo de energia elétrica do *shopping center*.

O emprego de sistema de redes de medições de consumo de energia através de um sistema supervisório, visa oferecer uma gama de informações válidas e em tempo real, para o usuário poder acompanhar seu consumo e através disso realizar tratativas de redução ou controle do valor tarifário de demanda empregado. Além disso, proporciona a empresa gerenciadora uma visão macro da performance energética do estabelecimento, e no caso aplicado, em um setor comercial, garantir que o consumo de energia seja assertivo no início e fechamento de cada mês.

Portanto, o presente projeto se justifica no sentido da busca por melhores formas de gestão do consumo de energia elétrica, cortando custos para empresas e aumentando seus lucros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É necessário entendermos os conceitos básicos e princípios que regem o tema de medição de consumo de energia elétrica. O mau entendimento do assunto pode gerar grandes prejuízos quando não dado seu devido valor.

Empresas hoje vem investindo forte no mercado de gerenciamento de consumo de energia elétrica, devido ao aumento da tarifário que vem sendo empregado nos últimos tempos, dado a demanda energética exigida pelo o país.

Pensando no conceito e na definição do termo consumo de energia elétrica, tem-se que é a "quantidade de potência elétrica (kW) consumida em um intervalo de tempo, expresso em quilowatt-hora (kWh) ou em pacotes de 1000 unidades (MWh)". Para o conceito de demanda temos que é a " média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado". E para o conceito de demanda contratada temos que é "demanda de potência ativa a ser obrigatoriamente e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW)." (PROCEL EPP, 2011).

Após estes conceitos, precisa-se ter o entendimento de como é realizada a leitura de consumo de energia elétrica, para que seja possível entendermos o processo de implantação e criação do sistema autônomo de medição que será proposto.

Desde o começo das medições de energia elétrica, que eram feitas por lâmpadas, dai em diante a evolução da tecnologia andou lado a lado com a evolução dos sistemas de medições de energia elétrica. Atualmente é quase impossível em um estabelecimento, seja ele residencial ou comercial, não possuir medidor de energia elétrica. Aproximadamente 92% dos medidores instalados no Brasil hoje me dia, são medidores eletromecânicos onde seu princípio de funcionamento se dá por indução eletromecânica de bobinas de corrente e tensão. Além dos medidores eletromecânicos existem os digitais que seu princípio de funcionamento se baseia em circuito eletrônico para aferir as medições mensais.

Para se obter o consumo de energia elétrica de um estabelecimento, basicamente, quando se tratado de medidores eletromecânicos ou digitais sem comunicação, é retirada a leitura do relógio em kWh no final do mês e subtrai da leitura do início do mês também kWh. Através desse valor multiplicado pela tarifa aplicada ao local (sendo a concessionária), temos o valor cobrado da energia elétrica consumida.

O medidor eletrônico vem sofrendo uma baixa de preço com relação aos medidores eletromecânicos devido ao avanço da tecnologia. O medidor pode ter alterações de um fabricante para o outro, porém o princípio de funcionamento que será descrito nas próximas sessões, é garantido para todos os fabricantes.

2.1 Regulamentação de medidores de energia elétrica

Para que as leituras de consumo de energia elétrica de um determinado local sejam validas e considerando que sigam o padrão ANEEL de medição em média e alta tensão, é necessário adequar que garantir que as medições estejam de acordo com a norma estabelecida para que garantam a segurança e a fidelidade nas medições.

Segundo a ANEEL seguem as diretrizes gerais relevantes para implantação do sistema de medição.

"O processo de implantação dos sistemas de medição é constituído de várias etapas, tais como a elaboração do projeto e a aquisição dos equipamentos, a aprovação do projeto pela distribuidora, quando exigido, e a montagem dos equipamentos e a vistoria ou comissionamento das instalações.

Os processos de inspeção e manutenção são constituídos das atividades de verificação, calibração e reparação de defeitos.

A CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica), os consumidores livres e demais acessantes devem observar de forma complementar as orientações e as responsabilidades estabelecidas nos Procedimentos de Rede e Regras e Procedimentos de Comercialização, pertinentes a implantação, inspeção e manutenção dos sistemas de medição.

Os agentes devem arquivar os dados referentes às leituras dos medidores, aos boletins de ocorrência, aos relatórios de inspeção e de manutenção, aos resultados de calibrações e às alterações de cadastro dos sistemas de medição por um período mínimo de 5 (cinco) anos." (ANEEL, 2016).

Com referência a leitura, registro, compartilhamento e disponibilização das informações geradas, é necessário seguir os critérios abaixo descritos.

"São tratadas as medições permanentes e de campanha para faturamento, planejamento da expansão do sistema de distribuição e qualidade da energia elétrica dos agentes.

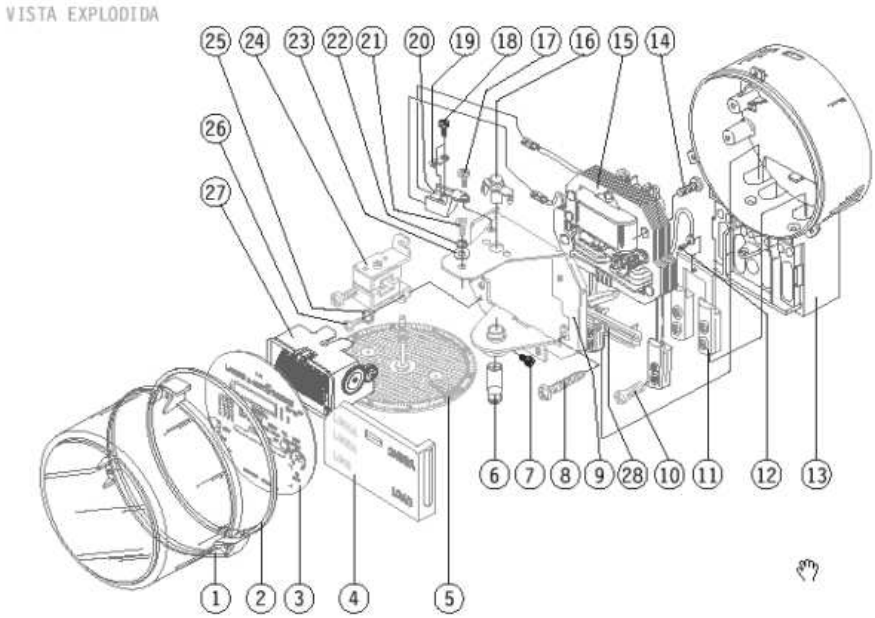
A medição de grandezas elétricas dos medidores instalados nas unidades consumidoras através de leitura remota ou local poderá ser usada para o planejamento da expansão do sistema de distribuição pelo órgão regulador, objetivando a caracterização da curva de carga das distribuidoras.

A medição de grandezas elétricas dos medidores instalados nas unidades consumidoras por meio de leitura remota ou local poderá ser usada para fins de avaliação, pelo órgão regulador, da qualidade da energia elétrica do sistema de distribuição. " (ANEEL, 2016)

2.2 Tipo de Medidores

Tomando com relação o sistema de distribuição dos medidores de energia elétrica do *shopping center* em questão, ele é composto por 3 áreas que se tratam de expansões ao longo dos anos, e dentro dessas 3 grandes áreas de expansões possui 20 centros de medições dispostos de medidores que aferem o consumo de energia das lojas que compõe o complexo. Pode ser verificado basicamente 3 tipos de medidores, sendo que aproximadamente 50% das lojas possuem medidores eletromecânicos que serão expostos a seguir.

2.2.1 Medidores eletromecânicos



01. Tampa do medidor
02. Gaxeta da tampa do medidor
03. Placa de identificação
04. Tampa do bloco de terminais
05. Elemento móvel
06. Mancal inferior (magnético)
07. Parafuso de fixação do mancal inferior
08. Parafuso de fixação do elemento motor
09. Armadura
10. Parafuso terminal de corrente
11. Ligador de neutro
12. Parafuso de fixação do terminal de potencial-ligador de neutro
13. Base e bloco do medidor
14. Parafuso de fixação do elemento armadura
15. Elemento motor
16. Mancal superior (pino guia)
17. Parafuso de fixação superior do terminal de prova
18. Parafuso de fixação do gancho de prova
19. Gancho de prova
20. Suporte prova interno
21. Parafuso de fixação do registrador
22. Arruela de pressão
23. Arruela lisa
24. Imã frenador
25. Arruela de pressão
26. Parafuso de fixação do conjunto imã
27. Registrador
28. Suporte da indutiva

Figura 1 - Imagem detalhada de um medidor analógico

O princípio de funcionamento deste medidor afirma que um condutor percorrido por uma corrente I na presença de um campo magnético B, fica submetido a uma força F cujo sentido é dado pela regra da mão direita e possui a seguinte formula:

$$F = B \times I \times L \times \sin x$$

Onde L é o comprimento do condutor e x é o ângulo entre o vetor do campo magnético e a direção do vetor Força no espaço.

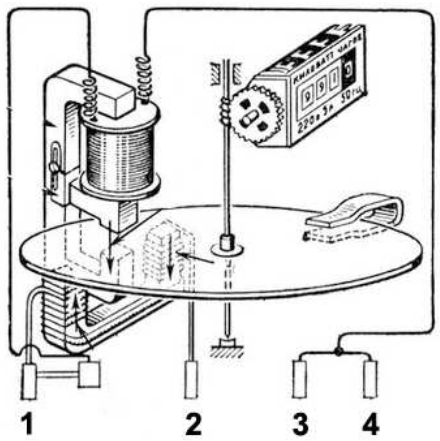


Figura 2 - Principio de funcionamento analógico

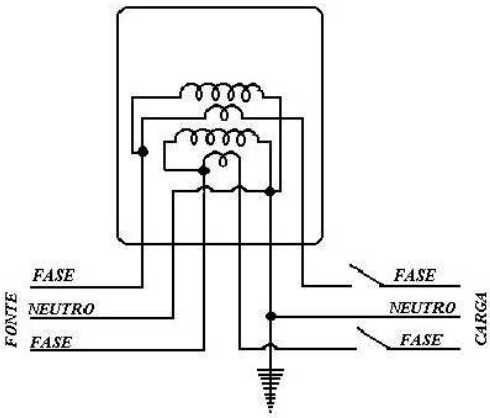


Figura 3 – Diagrama de ligação

Este tipo de medidor se baseia no princípio de indução eletromagnética a qual gera fluxos magnéticos produzindo movimento no rotor através de correntes elétricas.
Sua composição é feita basicamente por um estator, um rotor, uma carcaça e um registrador analógico, onde o consumo é dado através da quantidade de rotação efetuadas pelo rotor onde é armazenada no registrador. A contagem do registrador é sempre cumulativa, pois não possui um sistema de reiniciar o registrador.

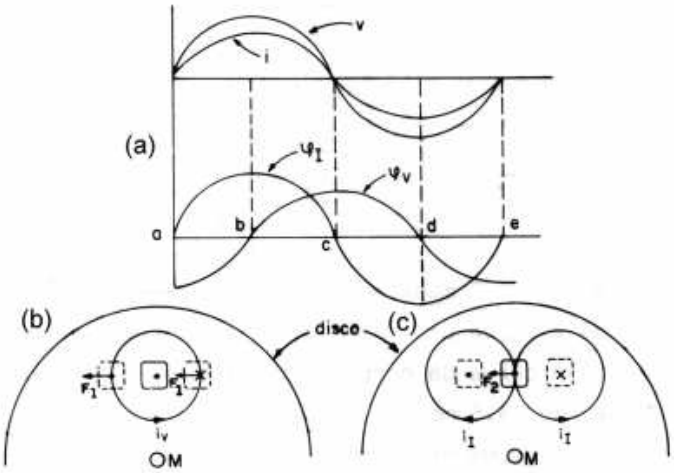


Figura 4 - Formas de ondas e rotação de disco do medidor analógico

(a) Representa as formas de ondas de corrente e tensão
(b) e (c) Representam o disco do medidor visto de cima
(d) O simbolo ⊙ significa que o fluxo está saindo
(e) O simbolo ⊗ significa que o fluxo está entrando.

As formas de onda de tensão e corrente acima ilustram o funcionamento do medidor eletromecânico, sendo que os fluxos demonstrados, representam os fluxos das bobinas de corrente e tensão. Percebemos que o fluxo da bobina de tensão está atrasado de 90 graus

com relação a bobina de corrente. Isso corrente devido ao fato da corrente ser proporcional ao fluxo, já a tensão e o fluxo por ela produzido não obedecem a mesma proporcionalidade.

No intervalor a-b o fluxo devido à bobina de potencial está saindo, que está decrescendo em magnitude. É produzido então uma corrente no disco. Esta corrente vai ao contrário do decréscimo de fluxo, e pela regra da mão direita, faz girar o disco no sentido horário ao ponteiro do relógio. A corrente interage com o fluxo produzido pela bobina de corrente formando duas forças de mesmo sentido e magnitude (F).

Neste mesmo intervalo, geram-se duas correntes, uma no sentido do ponteiro do relógio e outra no sentido contrário do ponteiro do relógio. Essas forças de interagem devido a ação da bobina de potencial (tensão) gerando uma força F2 com mesmo sentido de F1, pegando todo o trecho de a até e, percebemos que as forças são somente para um sentido, fazendo como gire o disco, marcando o consumo no relógio.

Dado isso, temo que a medida do consumo para um determinado período de tempo (mensal), é feita pela diferença da leitura final subtraindo a leitura inicial deste determinado período de tempo, e em alguns casos, multiplicado pela constante de multiplicação. Essa também conhecido como constante do registrador, vem com o intuito de determinar qual o fator multiplicativo entre o registrador e o número de voltas. Constante essa que deve vir explicitada nas faturas de cobrança de energia elétrica.

Os medidores em questão, se tratam de medidor PN5T-G da NANSEN e medidores T8L da ABB, com o princípio de funcionamento descrito acima. Esses medidores são responsáveis pela aferição de energia tanto de circuitos trifásicos, quanto para circuitos bifásicos e monofásicos, sendo compostos por 3 fases e um neutro de entrada vindos do barramento alimentado pela subestação e 3 fases e um neutro de saída indo para a alimentação da loja (no caso de circuitos trifásicos).

Medidor PNT5-G

Velocidade:
- 8 1/3 rpm com tensão e corrente nominal

Conjugado:
- 12,1 gf.cm com tensão e corrente nominal e fator de potência unitário (PN5T-G)

Peso do elemento móvel:
- 25 gramas

Peso médio do polifásico com 2 elementos:
- 3.200 gramas

Peso médio do polifásico com 3 elementos:
- 3.850 gramas

3 Elemento, 4 Fios, 3 Fases, 50 ou 60 Hz, Classe 2					
Modelo	Tensão Nominal (V)	Corrente Nominal (V)	Corrente Máxima (A)	Kd (Wh/Rev)	Rr
PN5TG-2,5	120	2,5	10	1,8	66 2/3
PN5TG-2,5	240	2,5	10	3,6	33 1/3
PN5T-G	120	15	120	10,8	11 1/9
PN5T-G	240	15	120	21,6	5 5/9

Figura 5 - Tabela de grandezas elétricas NANSEN

Figura 6 - Medidor PN5T-G

Medidor T8L

Modelos: T8L
Tensão Nominal: 120 V
Frequência Nominal: 60 Hz
Constante do Disco (kd) T8L:10,8 Wh/rotação
Número de Fios T8L: 4
Número de Elementos Motores T8L: 3
Velocidade Nominal: 8 1/3 rpm

Corrente Nominal: 15 A
Corrente Máxima: l20 A
Número de Imãs: 2
Número de Fases: 3
Número de Disco: 1
Corrente Ip/In: 8

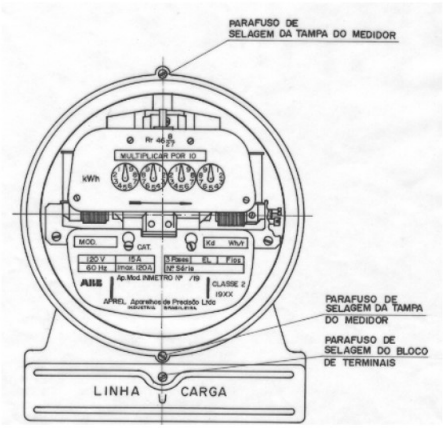


Figura 7 - Medidor eletromecânico T8L ABB

2.2.2 Medidores Eletrônicos

Com o avanço na tecnologia, em especial, no Sistema de distribuição de energia elétrica, percebemos uma modernização na aferição de consumo de energia elétrica, que antes, eram feitas através de leituras manuais por medidores eletromecânicos. Os medidores eletrônicos, por sua vez, conseguem garantir uma leitura mais precisa dos consumos e em tempo real, o que o torna mais eficaz na aferição. Outro ponto de bastante importância, é o fato de quando interligado a uma rede, é possível acompanhar o consumo remotamente, evitando prejuízos de mão de obra e deslocamento para fazer as leituras.

Com isso, o consumidor final pode ter uma energia de melhor qualidade, reduzindo problemas com interrupção e variações no sistema de energia. Com o uso dos medidores de eletrônico, é possível obter vantagens significantes em comparação com os medidores de energia eletromecânicos, sendo elas:

- Automatização do processo de aferição de energia elétrica
- Redução do tempo do funcionário em realizar as medições manuais
- Acompanhamento em tempo real
- Confiabilidade nas medições aferidas

No Brasil, está começando a evolução das mudanças dos medidores eletromecânicos para os medidores eletrônicos. Segundo pesquisa da ANEEL, 8% dos medidores eram eletrônicos em 2008, e este número vem crescendo desde então, devido ao fato de que o custo do medidor eletrônico se tornou inferior ao custo de eletromecânicos. Devido a isso, percebe-se uma mudança tecnológica no sistema elétrico brasileiro.

O princípio de funcionamento do medidor, segue conforme ilustração abaixo.

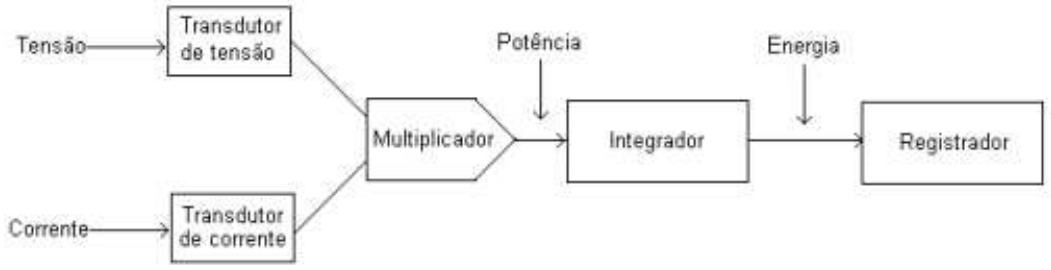


Figura 8 - Principio de funcionamento medidor eletrônico

Os transdutores de tensão e corrente são responsáveis por converter sinais de tensão e corrente para que operem como um sinal contínuo e isolado. Com eles, podemos fazer a medição de correntes continuas e alternadas, sem depender de sua curva característica, eles possuem limite inferior e superior que podem ser alterados de acordo com a configuração no software. É possível conseguir a potência, através do

multiplicador, já a energia, é pelo bloco integrador. O registrador tem a função de converter essa energia em números que serão apresentados no display do medidor.

Os medidores que serão abordados no projeto, são os medidores SPECTRUM K-ART da NANSEN e o medidor Mult K-30 da KRON. Estes medidores fazem parte da alimentação, através de um barramento principal, que é derivado de uma das subestações do *shopping center.*

SPECTRUM K-ART

Medidor de energia elétrica multifuncional totalmente eletrônico, as quais suas principais características é a medição de energia elétrica Ativa, Reativa Indutiva e Capacitiva.

SPECTRUM K ART NANSEN		
Classe de precisão	1%	-
Numero de elementos	3	-
Display	6 dígitos em kWh	-
Corrente Nominal	2,5 A	15 A
Corrente Máxima	20 A	120 A
Frequência	50 Hz	60 Hz
Tensão	60 V a 285 V	fase-neutro
Medição	3 postos horarios	-
Temperatura de op.	-10C a 70C	-

Figura 9 - Especificações técnicas e medidor SPECTRUM K ART

O medidor citado possui opções de ligações que se referem a medições diretas e indiretas. Para medições diretas, a ligação segue conforme diagrama elétrico abaixo, garantindo que a corrente não ultrapasse 120 A, e foi utilizado para lojas que possuem cargas não tão altas, como lojas de roupas e acessórios.

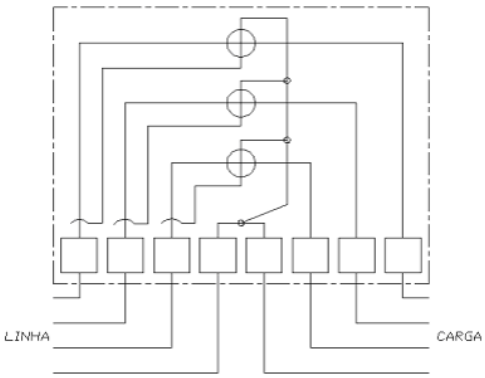


Figura 10 - Diagrama de ligação direta

Para os circuitos aos quais possuem uma carga elevada, não sendo viável fazer a aferição de energia diretamente, foi necessário realizar as ligações de forma indireta, segue figura abaixo, de tal forma que através de um Transformador de Corrente (TC) consegue-se aferir a energia em uma corrente mais baixa, tendo a referência da relação de transformação do TC para cálculo do consumo real do local. Os TC's possuem relação de transformação de corrente de 100/5A até 3000/5 A. Este medidor foi direcionado para grandes operações, como restaurantes, lojas com vários circuitos trifásicos e operações de entretenimento.

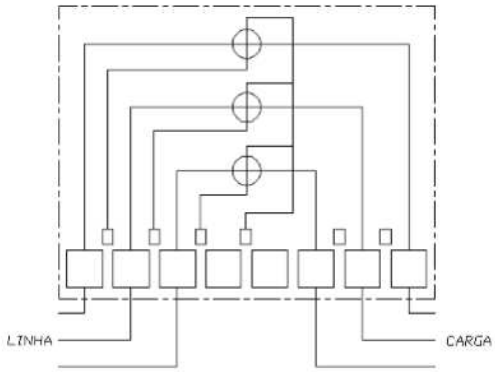


Figura 11 - Diagrama de ligação indireta

MULT K 30

Uma outra opção implementada foi o medidor Mult-K 30 kWh, da KRON, que é possível realizar a medição do consumo de energia, podendo ser aplicado em circuitos monofásicos, bifásicos, trifásicos estrela e delta, tanto de forma direita até 120 A quanto de forma indireta 32 A. O medidor garante que os dados de energia não serão perdidos em um período de 10 anos, caso haja problemas com o ligamento do mesmo.

Mult - K 30 kWh		
Alimentação Externa	120 ou 220 Vca	
Faixa de trabalho	20 até 500 Vc.a	
Frequencia de operação	44 - 72 Hz	
Consumo máximo	< 0,5 VA	
Sobrecarga contínua	1,5 x Vmáx (1s)	
Entrada de corrente (E02)	1,5 Ac.a	120 Ac.a
Entrada de corrente (E05)	50 mAc.a	30 Ac.a
Precisão	0,5% típico	1% máximo
Temperatura de op.	0 a 50C	
Interface Serial	RS485	MODBUS RTU

Figura 12 - Especificações técnicas e medidor MULT K 30 kWh

Para as diferentes cargas que o este medidor pode aferir o consumo de energia elétrica, temos também 2 modelos de medidores aos quais foram adaptados para medição direta e medição indireta.

Medição Direta (E02) para circuitos trifásicos estrela (3F + N).

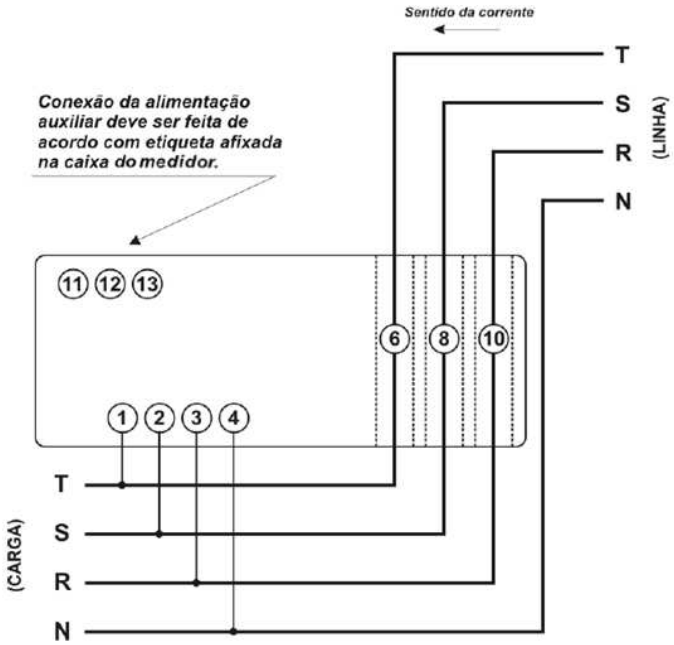


Figura 13 - Diagrama de medição direta

Segundo diagrama, o cabo coaxial de potência vindo do barramento alimentado pela subestação, passa pela parte superior do medidor respeitando o sentido da corrente, onde através da indução eletromagnética os transdutores de corrente 6, 8 e 10 irão aferir a corrente que está passando nos cabos. As fases R,S,T e Neutro, deverão ser referenciadas na sequência certa pelos bornes de entrada 1,2,3 e 4.

Medição indireta (E05) com utilização de TC's.

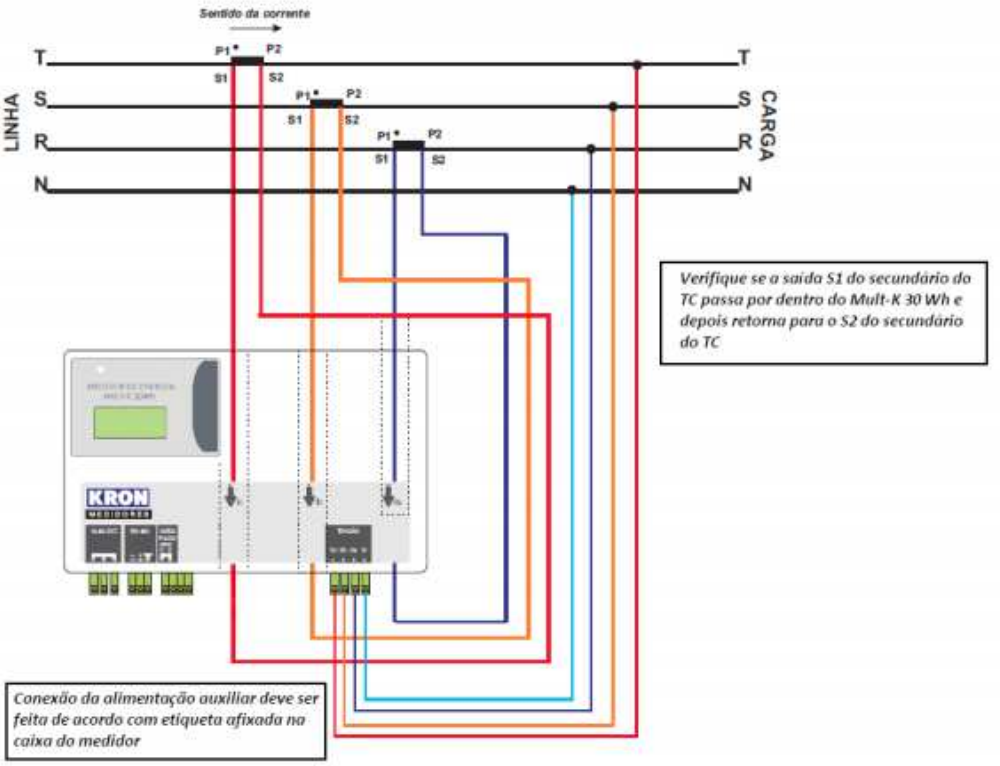


Figura 14 - Diagrama de medição indireta

Para o medidor de medição indireta, é necessário que paralelamente aos cabos vindos do barramento direto para a carga, seja feita uma derivação para cada fase, onde será feita a ligação passando dentro do transdutor de corrente e voltando para a fase na qual começou. Fazendo este processo para as 3 fases, e garantindo que as referências de tensão do barramento estejam de acordo com as inseridas no medidor, é possível aferir o consumo de grandes cargas por medição indireta.

2.3 Rede de comunicação RS485

Padrão de comunicação serial, criado pela EIA (Electronics Industry Association), que do inglês significado Recommended Standard (Padrão Recomendado). O principal atributo desta comunicação serial é sua possibilidade de realizar a comunicação de vários elementos que integram uma rede em altas velocidades e longas distâncias, tendo bloqueio contra interferência eletromagnética, sendo composto por um par de fios.

Seu princípio de funcionamento de baseia em 2 fios com tensões aplicadas com polaridade entre os fios opostas, (+) e (-), sendo valores maiores que 200 mV considerado como alto e menores que -200 mV considerados baixos, qualquer valor entre essa faixa é considerada como um ruído.

Ele se caracteriza por ser:

- Multiponto, podendo fechar uma rede com até 32 terminais remotos de comunicação;
- Rede sendo limitada a até 1200 metros, garantindo que não haja perca de dados;
- Transmissão de dados em até 10 Mbps em uma distância máxima de 12 metros;
- Apenas uma fonte simples de +5V para alimentar os circuitos de transmissão e recepção;

Devido ao fato de várias empresas terem seu protocolo de comunicação, a rede de comunicação RS485 não especifica e nem recomenda protocolos. Porém, o que tem que ser garantido é que a montagem da rede siga a representação abaixo, obedecendo o procedimento de envio de dados *mester-slave*.

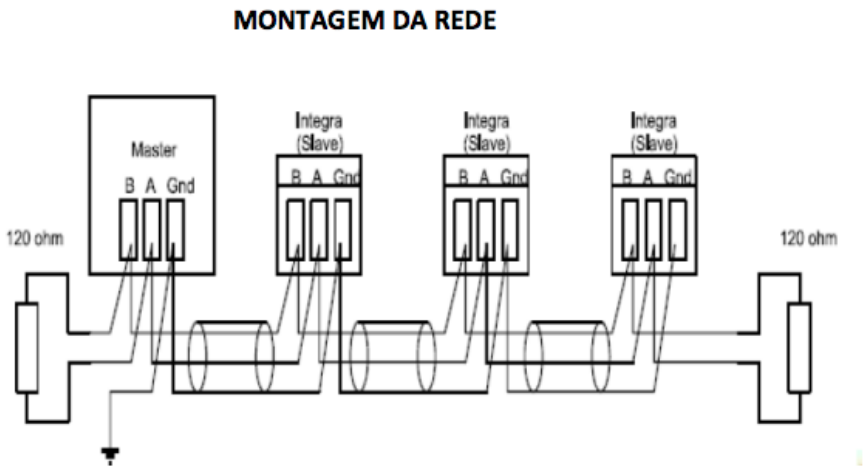


Figura 15 - Montagem da rede RS485 mester-slave

2.4 Protocolo MODBUS RTU

Protocolo bastante utilizado no setor industrial, devido a facilidade e simplicidade de implementação. Se trata de um método usado para que seja transmitido informações sobre redes seriais (RS485) entre dispositivos eletrônicos. O protocolo se baseia na comunicação através do meio mestre-escravo, sendo mestre o dispositivo principal que solicita a informação e os escravos os dispositivos que tem a função de enviar as informações. O mestre por sua vez tem a possibilidade e endereçar individualmente os escravos ou acessar a todos em mensagens de cadeia, que se chama *broadcast.*

A operação se inicia quando o dispositivo mestre inicia a comunicação através da solicitação para que os dispositivos escravos enviem a informação desejada. Os dados transmitidos podem ser tanto discretos, fazendo o acionamento de um motor, ou então numérico como envio de um consumo de energia elétrica de um relógio digital.

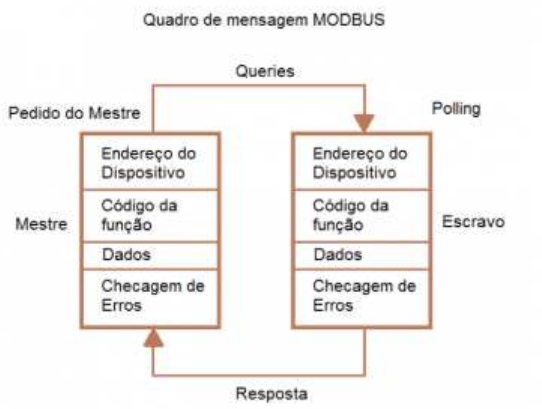


Figura 16 - Diagrama de funcionamento MODBUS RTU

Para que sejam transmitidos os dados necessários, é preciso que haja uma especificação do modo de transmissão, sendo definidos como RTU ou ASCII. Estes modos definem basicamente como os dados serão empacotados na mensagem.

Na definição do modo de transmissão RTU, a comunicação é feita através de uma tradução do dado em valores hexadecimais, tendo como vantagem devido ao fato da tradução dos dados, uma maior densidade de caracteres a serem enviados em uma mesma mensagem, aumentando o pacote de envio de dados.

Para todo os escravos em uma rede de modo RTU (oito bits), deve haver um endereço que corresponda com a posição de cada um na rede, que corresponde a faixa de 0 a 247. Um mestre endereça os escravos colocando o campo de endereço do escravo no campo da mensagem. No envio do escravo da resposta, é posto seu próprio endereço no campo de endereço da mensagem para que o mestre consiga visualizar que o o escravo esta respondendo a mensagem.

No caso de o mestre ser um receptor de mensagens enviadas pelos escravos, é possível analisar o envio da mensagem do mestre para os escravos solicitados os dados, assim que enviados o mestre finaliza o processo e fica a disposição para um novo pedido de transmissão. Porém quando é solicitado um pacote de dados e o mesmo não é recebido em um tempo determinado pelo mestre, ocorre um erro por *time-out.* Nesses casos o mestre realiza uma série determinada de tentativas retransmitindo a mensagem enviada anteriormente até que o escravo consiga responder à mensagem, ou que seja atingido o número máximo de tentativas ocorrendo falha no sistema.

2.5 Smart Grids

Com o avanço da tecnologia e, com isso a criação de sistemas inteligentes, um ponto de destaque que começou a ser estudado fortemente está relacionado com o termo *smart grids*. O seu conceito constitui-se de uma tecnologia que

possibilita o uso eficiente da energia elétrica, e com isso, possui papel fundamental no enfrentamento dos desafios impostos no dia-a-dia.

Apesar da proposta ser de uma ferramenta bastante útil e eficiente, são necessárias algumas mudanças para que seja implementada a tecnologia partindo de modernização da infraestrutura, camadas digitais, o próprio sistema em software para realizar o acompanhamento e direção, mudanças na comercialização que vão compor a essência da rede inteligente.

O principal objetivo dessa rede inteligente é proporcionar uma participação maior do usuário em todo o sistema que é controlado seja ele de pequeno, médio ou grande porte, oferecendo um melhor controle no consumo, reduzindo os custos através de controle das bandeiras tarifarias que são controladas pela concessionaria.

Essa flexibilidade e acompanhamento do usuário no sistema inteligente, gera várias tratativas benéficas ao usuário, onde ele pode tomar decisões de redução de consumo, de controle setorial de energia do seu estabelecimento, observar prováveis interrupções de energia deixando claro o motivo causado.

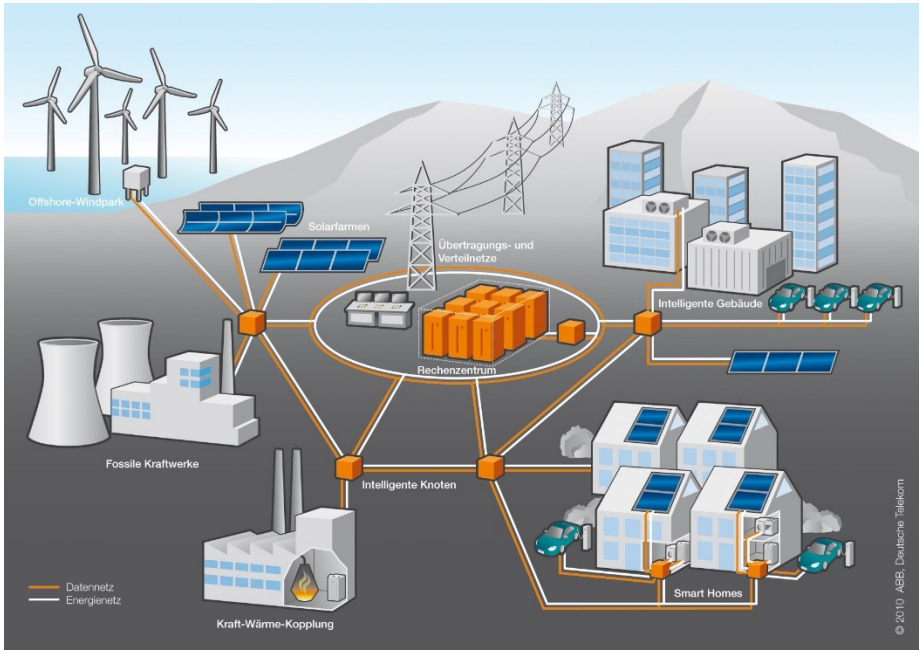


Figura 17 - Rede Smart Grids

A proposta desta rede inteligente se dá ao fato de integrar sistemas diversos como células-combustíveis, fontes renováveis, fontes de energia térmica, entre outras, em um único sistema que gerencia todos os dados recolhidos de forma clara, objetiva e dinâmica.

O sistema da rede inteligente é capaz de detectar falhas, localizar e diagnosticar elas, fazendo com que a interface humana manual seja dispensável para tal problema, tendo como suas principais características:

- Flexibilidade: Adaptando a novas mudanças e desafios que o mercado exige.

- Acessibilidade: Fornecendo as informações necessárias da planta onde o sistema foi implantado para que evite o esforço e tempo de aferição dessas informações manualmente.
- Confiabilidade: Garantido a segurança das informações.
- Economia: Possibilitando o usuário de através dos dados coletados, tomar iniciativas e tratativas para que se reduza o consumo de energia elétrica.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Escopo geral

Visando o entendimento inicial do projeto, foi necessário verificar a situação, status da funcionalidade dos medidores e a disposição deles no complexo. Para isso, foi levantado em todas as lajes técnicas a disposição, modelo, situação de funcionamento e a segurança de cada medidor de energia, dentre eles eletromecânicos e eletrônicos.

Com esse levantamento realizado, foi possível enxergar a dimensão do projeto proposto, assim como a disposição e a variedade dos medidores que estavam instalados.

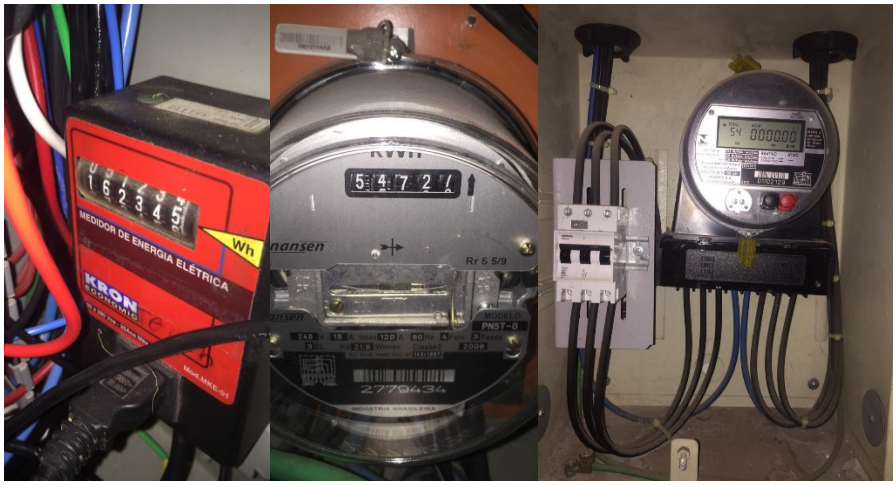


Figura 18 - Medidores analógicos

NOME FANTASIA	CM	POTÊNCIA (kW)	DISJUNTOR (A)	CABO (mm²)	MARCA	MODELO	TIPO DE MEDIDOR	PORTA DE COMUNICAÇÃO
Q. MC DONALDS PA2	EXP. 2010	21,6	-	16	NANSEN	PN5T-G	Eletromecânico	Sem Comunicação
SIBERIAN	EXP. 2010	21,6	-	16	NANSEN	PN5T-G	Eletromecânico	Sem Comunicação
TRACK N FIELD	EXP. 2010	21,6	-	16	NANSEN	PN5T-G	Eletromecânico	Sem Comunicação
CARMINE	EXP. 2010	21,6	40	10	ABB	T8L	Eletromecânico	Sem Comunicação
BACCIO DI LATTE	EXP. 2010	1,25	-	35	NANSEN	VECTOR 2 P A	Digital	Sem Comunicação
PANDORA	EXP. 2010	21,6	-	10	NANSEN	PN5T-G	Eletromecânico	Sem Comunicação
Q. MONTANHA VIRTUAL	EXP. 2010	0,625	-	5	NANSEN	VECTOR MD	Digital	Sem Comunicação
LEZ A LEZ	EXP. 2010	21,6	-	10	ABB	T8L	Eletromecânico	Sem Comunicação
HANDBOOK FASHION	EXP. 2010	21,6	-	16	NANSEN	PN5T-G	Eletromecânico	Sem Comunicação
BIBI	EXP. 2010	21,6	-	10	NANSEN	PN5T-G	Eletromecânico	Sem Comunicação
FARM	EXP. 2010	21,6	-	10	NANSEN	PN5T-G	Eletromecânico	Sem Comunicação

Figura 19 - Tabela de levantamento de medidores

Este levantamento foi essencial para que fosse possível realizar o estudo de logística da disposição das redes que seriam criadas, visto que, cada rede é composta por um *gateway* responsável por compilar os dados obtidos dos medidores, um modem GPRS para envio de informações via sinal telefônico e uma fonte para que seja transformada a tensão de 220V para 20V. A rede foi estipulada com um número máximo de medidores conectados de 24 sendo endereçados de 0 a 23 de acordo com a alocação de endereço de memória contida no *gateway* (compilador de dados), e uma distância de comunicação de dados através do cabo de comunicação RS485 de 1500 metros, distancia esta que garantem o envio das informações sem perca de dados.

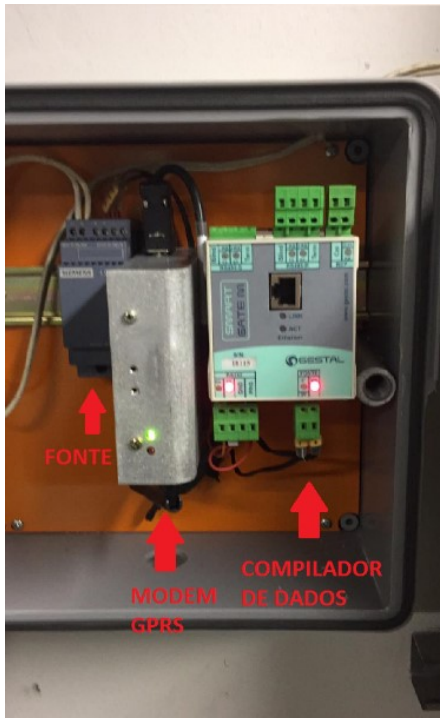


Figura 20 - Central de comunicação gateway

Com a noção da disposição dos medidores por todo o completo e o entendimento de como é composta as redes de comunicação, foi realizado então um estudo estratégico de estruturação das redes de tal forma que, visa a proximidade de medidores e a economia na passagem de cabos entre os medidores e o centro de monitoramento (*gateway*). Os principais critérios levantados nessa etapa foram a disposição dos medidores, a logística de passagem de cabo de uma laje técnica para outra, a disposição das lajes técnicas e a precaução com a perda de dados. Com isso, foram estrategicamente agrupadas então 22 redes de medidores dispostas em 8 centros de medições distribuídos no complexo.

Estipulada a quantidade de redes e os centros de medições, a próxima etapa se deu com a troca dos medidores eletromecânicos para que seja feita posteriormente a conexão nas entradas de comunicação RS485 de todos os medidores, visto que o projeto completa que o envio e recebimento de dados seja feito por essa porta. Por se tratar de uma quantidade considerável de troca (média de 200 medidores), foi necessário a divisão do

projeto em 3 grandes fases de atuação para que possam garantir paralelamente à troca de medidores, a operação normal do *shopping* em seu horário de funcionamento.

Figura 21 - Faseamento de projeto

O ponto de partida para o projeto piloto foi definido como sendo a troca dos medidores, depois passagem de infraestrutura de comunicação e *start-up* da comunicação de rede da Fase 1, que abrange 88 medidores de circuitos de energia distribuídos por parte do complexo conhecido como "núcleo 92". Para a realização da primeira etapa da fase (conforme ilustrado na figura acima), foi necessário que a operação fosse realizada após o horário de funcionamento do complexo e sendo fundamental garantir que na troca dos medidores eletromecânicos para os eletrônicos o sequenciamento de fases R S T, se mantivesse o mesmo.

Essa premissa do sequenciamento de fases é essencial devido à configuração de das fases nas lojas. O sistema do complexo é configurado como trifásico, logo, através do barramento de alimentação de energia elétrica, as lojas também são alimentadas como trifásico-estrela, tendo o neutro na sua ligação. Portanto uma inversão de fases no momento da troca do medidor eletromecânico para o medidor digital, poderia ocasionar em uma inversão na alimentação das fases do motor, fazendo com que ele possa girar no sentido contrário, comprometendo a operação da loja.

Para garantir que a inversão de fases não acontecesse, foi necessário o uso de um sequencímetro, "aparelho que tem por finalidade a verificação da sequência de fases de

um motor trifásico (circuito alimentado por corrente alternada), ou seja, indica a fase aberta e o sentido de rotação do motor. A partir do momento em que o sequencímetro detecta a passagem por zero (pulso positivo de curta duração) de cada fase é aplicado em um circuito sequencial feito com flip-flop e indica a sequência da rede." (Bruno Marques do Nacimento, 2018).

Figura 22 - Sequencimetro

Do mesmo modo, foi realizada uma análise no medidor KRON MULT K30, para que garantisse que o circuito que seria medido por indução eletromagnética através de seus transformadores de corrente, tivesse a referência de tensão na mesma fase em que foi passada no transformador de corrente. Isso garante que, a corrente de cada fase está faseada com a tensão, evitando que haja potência negativas ou fator de potência baixo. Assim, o que de fato é medido pela concessionaria, é o que é consumido pelo o lojista.

Figura 23 - Painel de medidores MULT K30

A próxima etapa contemplada no projeto, se tratou da passagem da infraestrutura do cabo de comunicação, a qual, obrigatoriamente, teve que respeitar alguns requisitos para manter a integridade da informação, atender as normas da NR-10 e o planejamento estratégico dos pontos de medição. São eles:

- O cabo necessita ser um cabo de automação, com 2 vias internas utilizadas para envio de sinal sendo uma positiva e outra negativa. Sua especificação técnica tem que se constituir em um cabo de 2x22 AWG, com blindagem em fita alumínio, par trançado, para que em contato com cabos de potência a geração do campo magnético produzido pela corrente que passa pelo condutor, interfira no sinal que está sendo transmitido pelo cabo de comunicação.
- Os cabos devem ser passados dentro de conduletes e eletrocalhas para que garanta a segurança não só do equipamento quanto dos técnicos que circulam nas lajes técnicas.
- A rede de comunicação deve respeitar a arquitetura de ligação mestre-escravo, não podendo ter derivações no decorrer do circuito tendo como final da linha o ultimo medidor selecionado de acordo com a rede.
- Do inicio da rede ao ultimo medidor conectado, tem que respeitar a distância máxima de 1500 metros para garantir que não haja perda de informações.

Garantido esses pontos então, foram constituídas a infra de comunicação conforme arquitetura indicada.

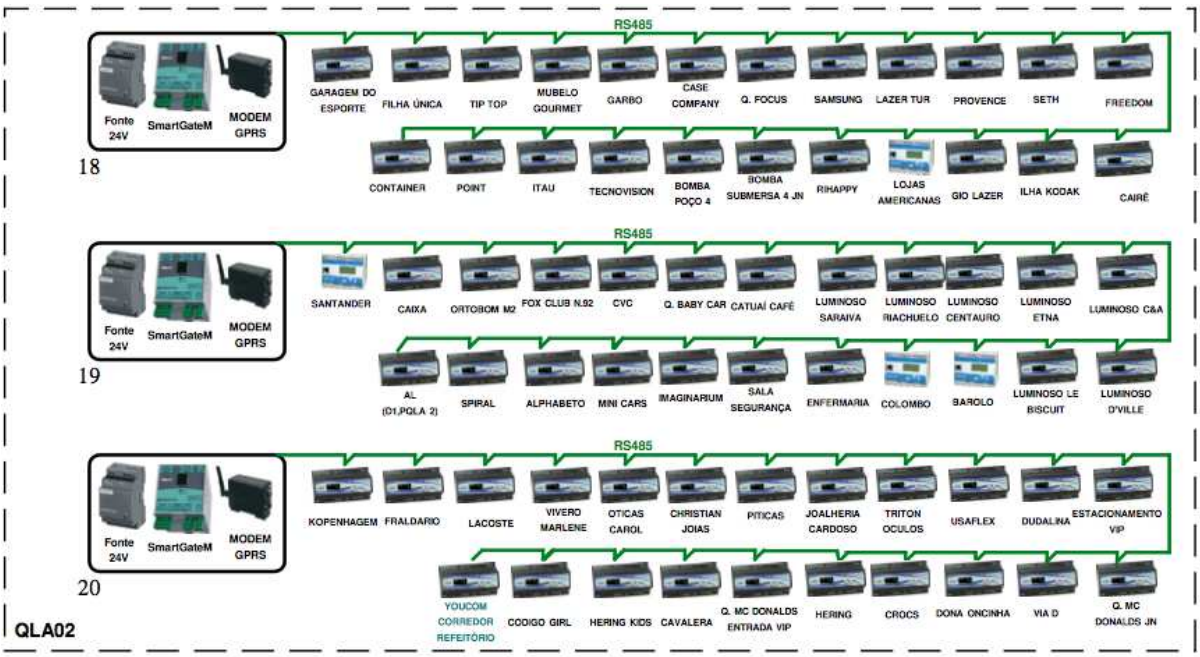


Figura 24 - Rede de comunicação

De acordo com essa arquitetura, foi possível entender como foi dada a interação entre os medidores e suas configurações para que seja realizada uma comunicação integra e sem a perda de dados.

A etapa que se prossegue após garantir a passagem do cabo de comunicação em todas as arquiteturas de rede, se da no *start-up* do sistema, onde de fato é energizado os quadros de comunicação, começando assim o envio e o recebimento dos dados dos medidores instalados na rede. Para esse *start-up* foi necessária uma alimentação do quadro e a instalação de um disjuntor de 32 A para garantir que caso de pico de corrente, não cause uma sobrecarga no quadro de comunicação, comprometendo a rede por inteiro.

Conforme explanado anteriormente, os medidores devem ser endereçados separadamente para que o *gateway* possa comunicar com os medidores de acordo com o endereço de memória que foi alocado para cada um. Para isso, através de um conversor RS485 – TCP IP *ethernet* e o *software* específico de cada medidor, foi necessário acessar as configurações dos mesmos, endereçando eles de acordo com a arquitetura de rede pré-definida. Através dessa configuração, é possível também, configurar os transformadores de corrente inseridos nos circuitos de cada ponto de medição, para que, na hora da leitura, seja feita a conversão automaticamente.

Garantida a configuração de cada medidor presente na mesma rede de comunicação, é necessário a alocação de cada endereço de memoria configurado nos medidores ser configurado na central de comunicação. Com isso, a obtenção dos dados de consumo de cada medidor de energia de forma sequencial, começa a se fazer presente. O consumo é obtido através do *gateway,* enviando um sinal para cada medidor da linha, onde a resposta vem com o consumo da loja e esse consumo através do modem GPRS é enviado para um supervisório de monitoramento.

A partir desse supervisório, é possível tratar os dados obtidos em campo pela central de monitoramento de diversas formas, dando total visibilidade ao usuário de diversas formas com relação a performance do ponto de energia em questão. A interface é bastante dinâmica, interativa e simples, auxiliando ainda mais na operacionalização do *software.* Com este acesso é possível obter armazenamento de históricos, supervisão e geração de relatórios, análises criticas de comportamento de carga, gráficos de fator de potência, potência ativa, potência reativa, corrente, tensão.

O estudo mostrado a seguir, se trata de um restaurante do complexo do *center shopping,* onde possui uma operação robusta, com sistemas de exaustão, ventilação, ar condicionado, equipamentos trifásicos de cozinha, iluminação customizada e com uma área de aproximadamente 600 m².

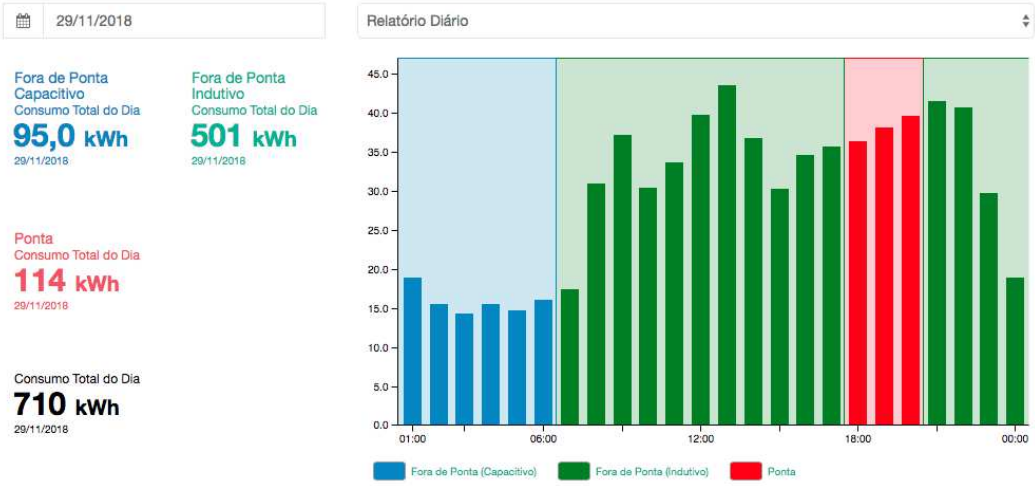


Figura 25 - Consumo loja

Figura 26 - Fator de potência loja

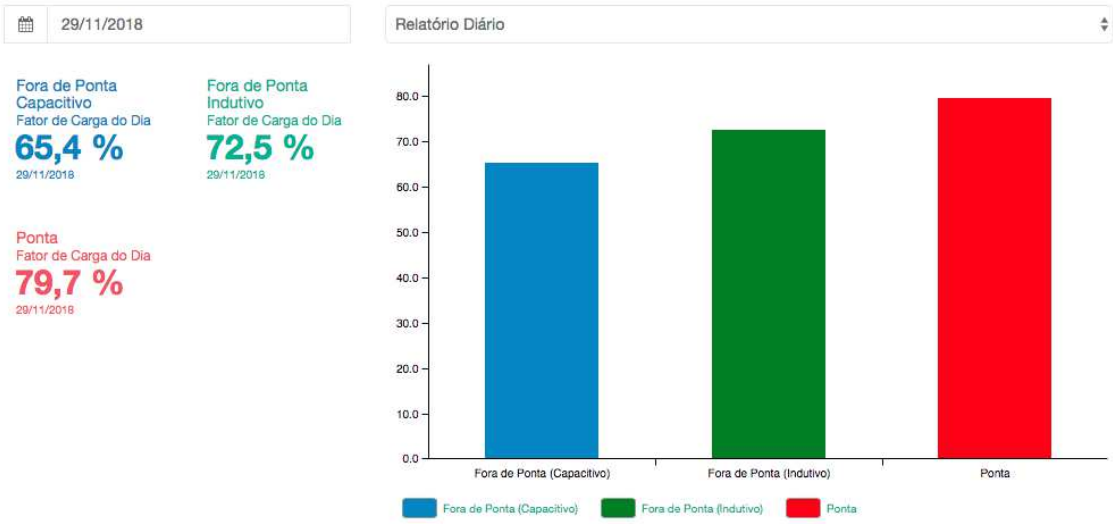


Figura 27 - Fator de carga loja

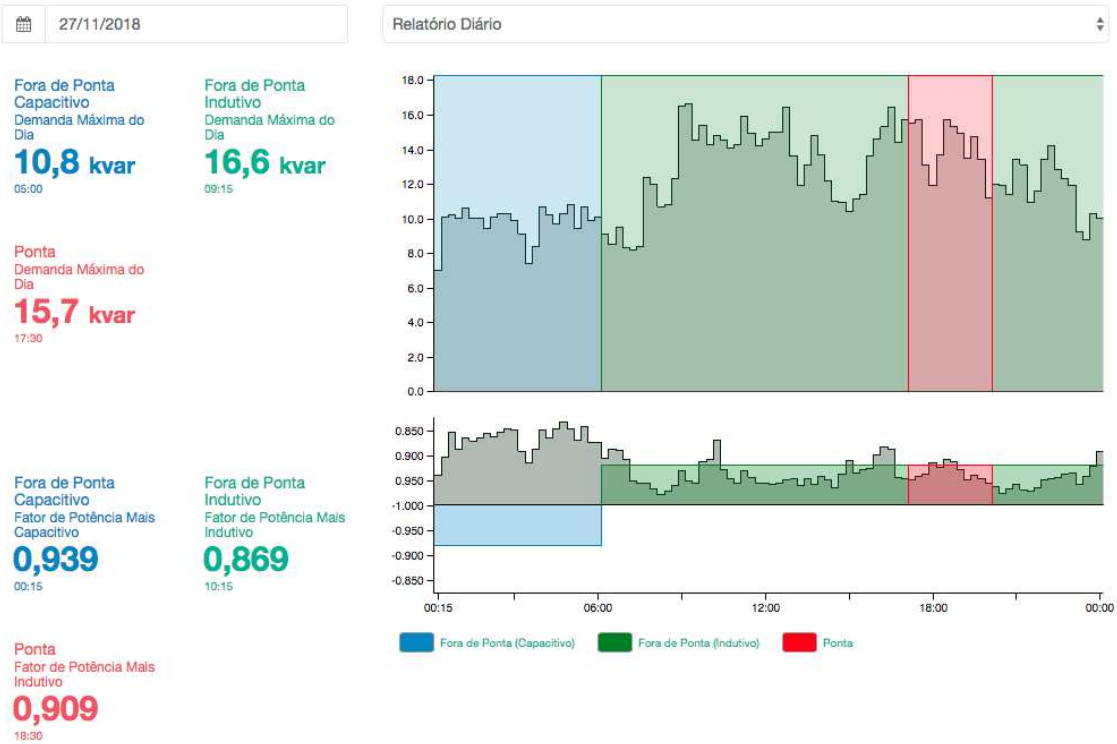


Figura 28 - Demanda reativa loja

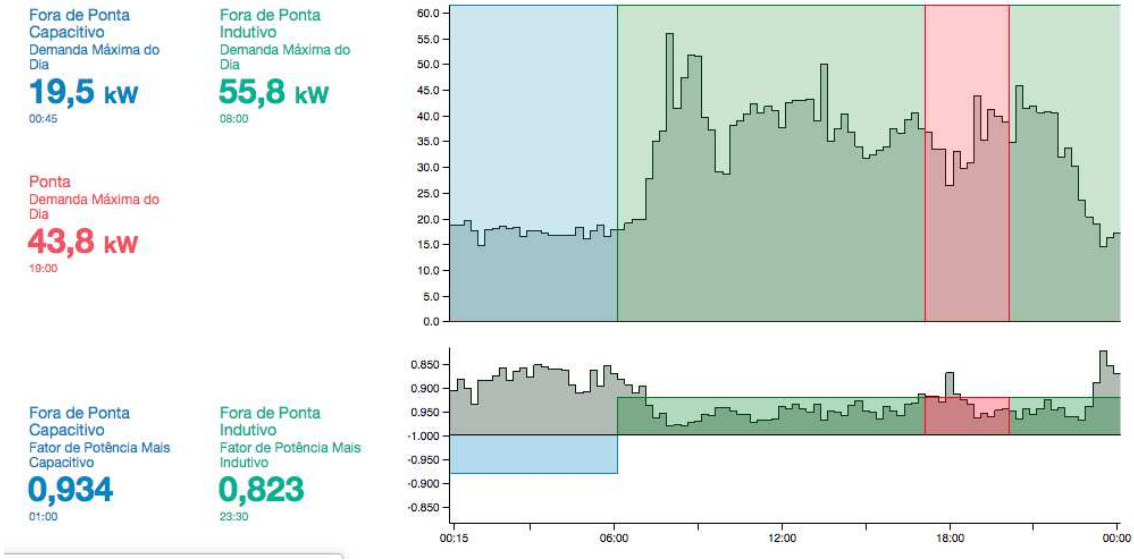


Figura 29 - Demanda Ativa loja

Com essas análises comportamentais, é possível entender o perfil de carga do circuito elétrico instalado, entender como é o comportamento de acordo com a sazonalidade da operação e através de uma análise precisa de consumo, possibilita a aplicação de tratativas de redução de consumo de energia elétrica, previsão de pico de operação, acompanhamento de falhas assim como suas causas, previsão da conta de

energia com o fator multiplicativo da bandeira tarifária, proporcionando uma experiência inserida no contexto *smart grids* e com o cenário atual da tecnologia no setor.

4. RESULTADO E DISCUSSÕES

A operação foi realizada em 6 meses, onde cada etapa se desdobrou em 2 meses cada. Como a aplicação do projeto foi realizada paralelamente ao funcionamento do *shopping*, foi necessário ao longo do desenvolvimento fazer a verificar de fidelidade nas medições para que impactasse no valor pago ao lojista.

O valor pago ao lojista se compõe do valor da leitura de consumo fechado do final menos o início do mês, inserindo o fator multiplicado da relação de R$/kWh, onde é obtido através do rateio não só do consumo do lojista em questão, como também todo o consumo energético das áreas comuns do complexo.

Entendendo que o valor nas leituras do sistema, deve obrigatoriamente, ser coerente com os valores lidos no sistema supervisório atual, foi necessário realizar um estudo encima do projeto que foi realizado para garantir que não hajas dispersões nas medições, conforme diretrizes da companhia. Para isso, essa análise crítica foi dividida em fases, da mesma maneira que a implantação do projeto, para que se tornasse mais eficaz e fidedigno essa avaliação.

Como parâmetro para essa análise, foi necessário entender o funcionamento diário tanto do sistema quanto da aferição de consumo *in loco.* O sistema então operacionaliza as medições em dias fechados, ou seja, meia noite de um dia até a meia noite do outro.

Essa operação se constitui da composição de medições parciais ao longo de dia, sendo consolidada no final do mesmo.

É feita essa analise a fim de identificar medidores que não estão coerentes com suas medições, para garantir que não haja desvio ou consumo errôneo nos medidores.

Foi selecionado então para análise a Fase 1 do projeto, por ter uma consistência maior de informações. Juntamente com a equipe técnica do *shopping*, foi planejado a aferição nas madrugadas, exatamente a 00hrs, das leituras dos relógios digitais que foram implantados nos dias 25, 26, 29, 30 de agosto. Os dias foram particionados visando ter um entendimento maior de acordo com a flexibilidade do perfil de carga das lojas.

Com esses dados em mãos, foi extraído do sistema o consumo das lojas da Fase 1, que contemplam 2 lajes técnicas com 122 medidores de energia elétrica, os mesmos que foram feitas as leituras manuais. Confrontando as informações foi estipulado pela companhia, que a dispersão da medição manual para a medição automatizadas poderia apresentar uma dispersão máxima de ±2% uma em relação a outra. Segue os resultados:

Ponto de Medição	Medição 24/25 (Manual)	Medição 26/27 (Manual)	Consumo diário (Manual)	Média ultimos 2 meses (Rateio	Consumo 25 (Software)	Consumo 26 (Software)	Consumo 27 (Software)	% de Erro
Ibiza	201	228	13,5	11,7	13,0	14,0	15,0	0%
Stroke	191	229	19	24,1	24,0	14,0	24,0	0%
O Boticario	1799	2037	119	141,3	169,0	71,0	173,0	-1%
775	744	837	46,5	51,2	62,0	31,0	446,0	0%
Chocomix	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0%
Callink	95	109	7	7,4	7,0	7,0	8,0	0%
Refeitorio Funcionarios	319	370	25,5	32,3	28,0	24,0	28,0	-2%
Gregory	1675	1911	118	146,2	143,5	96,8	166,7	-2%
AC Central	771	891	60	71	65,7	58,9	54,2	-4%
Rosifini	1150	1343	96,5	22,1	123,3	70,9	139,3	-1%
Artex	868	1031	81,5	75,6	92,8	71,4	74,4	-1%
Tal e Coisa	214	242	14	18,9	17,4	10,9	16,9	-1%
Zygos	384	471	43,5	27,1	51,7	35,8	29,6	-1%
Q MRV (antigo)	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0%
Ortobom	323	372	24,5	31,3	31,2	18,7	41,6	-2%
Vitrine Via Veneto	390	544	77	18	72,8	82,6	76,2	-1%
World Tennis	720	847	63,5	79,3	76,6	50,5	93,2	0%
Q Burguer King	590	687	48,5	45,5	48,6	53,0	48,6	-4%
Ritz	87	87	0	60,2	0,0	0,0	0,0	0%
Vivara	1286	1546	130	156,3	164,8	98,4	173,1	-1%
Hipopotammus (ant)	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0%
Quem Disse Bere	177	210	16,5	17,4	21,5	11,7	16,2	0%
Metamorfose	594	702	54	54,3	68,9	38,8	66,6	0%
Case Company M1	456	536	40	46,5	52,0	28,3	47,3	0%
Adcos	46	119	36,5	1,3	48,0	24,3	19,3	1%
Morana	240	285	22,5	23,3	30,3	15,3	26,1	-1%
Cacau Show	382	477	47,5	49,2	63,3	33,1	46,3	-1%
Mr Cheney	461	572	55,5	55,8	63,9	50,4	55,9	-3%

Figura 30 - Tabela de conferência de medição 1

Ponto de Medição	Medição 28/29 (Manual)	Medição 30/31 (Manual)	Consumo diário (Manual)	Consumo 28 (Software)	Consumol 29 (Software)	Consumo 30 (Software)	% de Erro
Ibiza	264	315	25,5	21	22	29	0%
Stroke	287	349	31	34	35	28	0%
O Boticario	2354	2642	144	144	146	141	1%
775	941	1081	70	59	76	64	1%
Chocomix	0	0	0	0	0	0	0%
Callink	124	139	7,5	8	7	7	4%
Refeitorio Funcionarios	428	494	33	30	34	31	1%
Gregory	2226	2550	162	149	147	174	1%
AC Central	1003	1126	61,5	58	57	65	1%
Rosifini	1595	1805	105	113	109	101	0%
Artex	1202	1358	78	97	71	84	1%
Tal e Coisa	276	311	17,5	17	17	18	0%
Zygos	528	588	30	27	30	29	1%
Q MRV (antigo)	0	0	0	0	0	0	0%
Ortobom	442	491	24,5	28	19	29	2%
Vitrine Via Veneto	658	737	39,5	36	40	39	0%
World Tennis	1025	1191	83	84	78	88	0%
Q Burguer King	789	903	57	55	58	55	1%
Ritz	87	88	0,5	0	0	0	0%
Vivara	1893	2218	162,5	174	177	147	0%
Hipopotammus (ant)	0	0	0	0	0	0	0%
Quem Disse Bere	244	281	18,5	18	17	20	-1%
Metamorfose	834	955	60,5	65	60	62	-1%
Case Company M1	634	733	49,5	51	52	47	0%
Adcos	173	212	19,5	35	21	18	-1%
Morana	322	379	28,5	10	25	32	0%
Cacau Show	568	655	43,5	45	38	49	0%
Mr Cheney	679	792	56,5	52	56	57	0%

Figura 31 - Tabela de medição de conferência 2

O resultado se apresenta bastante satisfatório, visto que, na visão do projeto em geral, é qualificado como dentro do escopo esperado uma média de 70% de medidores sem dispersões ±2%, sendo que, para os que apresentam dispersão seja tolerável até o limite de 20%, devido a mudança sazonal ou de operação da loja. Em contrapartida, foi feito um outro estudo, conforme tabela apresentada acima para uma segunda verificação se realmente é coerente o consumo quando comparado com a média da performance do ponto de medição dos últimos 2 meses. Contemplando a analise da Fase 1 em geral, ou seja, os 122 medidores, obtivemos o seguinte resultado:

Medidores instalados	Dentro de limite da dispersão	Fora do limite da dispersão	Valor maximo de dispersão	Resultado
122	96	26	-17%	79%

Figura 32 - Resultado

Para os medidores que apresentaram dispersão, foi realizado uma outra análise para que seja validado o consumo antes que este consumo de reverta para o lojista.

Todas essas análises foram feitas de forma mais precisa possível, porém, é impossível garantir a medição manual realizada em todos os medidores no mesmo segundo. Vendo isso, consideramos uma margem de erro nas medições de 1%, onde mesmo contemplando esse erro, foi possível verificar bons resultados.

5. CONCLUSÕES

É possível retirar várias conclusões de todo o desenvolvimento e análises feitas no projeto.

Primeiramente, foi a importância de passarmos a entender melhor como o contexto da tecnologia vem se desenvolvendo em diversas áreas do setor de energia elétrica tanto no Brasil como no mundo, no conceito de *smart grids* e sistemas inteligentes de monitoramento de energia.

É importante entender também a integração que a área de sistemas de energia consegue ter com controle e automação, telecomunicação e computação sempre visando o desenvolvimento tecnológico e reduzindo o máximo o esforço humano para atividades que antes demandam muito tempo e esforço.

O entendimento de sistemas ultrapassados é essencial para que possa ser implementado novos sistemas, devido a complementariedade que um forma com o outro. Então, todo o funcionamento de um medidor eletromecânico foi essencial para podermos traçar e estruturar a troca para um medidor digital, com toda a integração do sistema de comunicação que nele possuía.

Outra grande contribuição é a aplicação de um bom planejamento na preparação, execução e acompanhamento de um projeto de engenharia, onde durante o processo, foram diagnosticadas várias variáveis que foram possíveis identificar e tratar devido a todo esse estudo prévio da arquitetura do projeto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIZARRIA PARQUET, JOSÉ. **LEITURA AUTOMATIZADA DE MEDIDORES DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA ELETROMECÂNICOS**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.

GRIZINSKY DE BRITO, JOÃO LUIZ**. SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA PARTICULAR, EM TEMPO REAL E NÃO INVASIVO UTILIZANDO A TECNOLOGIA ARDUINO**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2016.

BRASIL ENERGIA; HAYASHI, RICARDO. **AUTOMAÇÃO POR MEIO DE MEDIDORES INTELIGENTES DE ENERGIA ELÉTRICA PERMITE ADEQUAÇÃO DAS DISTRIBUIDORAS À TARIFA BRANCA**, 2018

PROCEL. **MANUAL DE TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**, Rio de Janeiro, 2011

MÍNGUEZ, ASGUSTÍN**. MEDIDORES DE ENERGIA ATIVA: FUNCIONAMENTO, PRÁTICAS USUAIS, PRINCIPAIS ENSAIOS E ANÁLISE DAS FRAUDES MAIS COMUNS**, Rio de Janeiro: Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

NANSEN, **MEDIDORES POLIFÁSICOS**.

INMETRO. **LEGISLAÇÃO MEDIDORES T8L E D8L**. 1990.

ANEEL. **PROCEDIMENTO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL**. 2016.

NANSEN. **MANUAL SPECTRUM K ART**. Versão 7, 2011.

KRON MEDIDORES. **MANUAL DO USUÁRIO MEDIDOR DE ENERGIA**. São Paulo, 2013.

SANTIAGO TIMOSSI, MARCELO. **AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS NA UTILIZAÇÃO DO CONCEITO *SMART GRIDS* PARA RECONFIGURAÇÃO AUTOMÁTICA DE CARGAS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA**. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

"MME" MINISTÉRIO DE MINAS GERAIS; ZIMMERMANN, MÁRCIO. **GRUPO DE TRABALHO DE REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES**.

BARRETTO MUNIZ, EDUARDO. **SMART GRIDS: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA A PARTIR DAS REDES INTELIGENTES**. Rio de Janeiro: Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PELOTAS. **PADRÃO RS-485.**

ALFA INSTRUMENTOS. **PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO MODBUS RTU/ASCII**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2000.